

**T.C.**  
**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE'DE YAYILIŞ GÖSTEREN LEMNACEAE  
(SUMERCİMEĞİGİLLER) ÜYELERİNDE BAZI AĞIR  
METALLERİN ALINIMI ÜZERİNDE NİTRAT, SÜLFAT  
VE FOSFATIN ETKİSİ**

**Tezi Hazırlayan**  
**Zeliha LEBLEBİCİ**

**Tezi Yöneten**  
**Prof. Dr. Ahmet AKSOY**

**Biyoloji Anabilim Dalı**  
**Doktora Tezi**

**Mayıs 2010**  
**KAYSERİ**



**T.C.**  
**ERCIYES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE'DE YAYILIŞ GÖSTEREN LEMNACEAE  
(SUMERCİMEĞİGİLLER) ÜYELERİNDE BAZI  
AĞIR METALLERİN ALINIMI ÜZERİNDE NİTRAT,  
SÜLFAT VE FOSFATIN ETKİSİ**

**Tezi Hazırlayan**  
**Zeliha LEBLEBİCİ**

**Tezi Yöneten**  
**Prof. Dr. Ahmet AKSOY**

**Biyoloji Anabilim Dalı**  
**Doktora Tezi**

**Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından  
FBT-08-528 kodu ile desteklenmiştir.**

**Mayıs 2010**  
**KAYSERİ**

Prof. Dr. Ahmet AKSOY danışmanlığında **Zeliha LEBLEBİCİ** tarafından hazırlanan “**Türkiye’de Yayılış Gösteren Lemnaceae (Sumercimeğigiller) Üyelerinde Bazı Ağır Metallerin Alınımı Üzerinde Nitrat, Sülfat ve Fosfatın Etkisi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında **Doktora** tezi olarak kabul edilmiştir.

10.05.2010  
(Tez Savunma Sınav Tarihi)

**JÜRİ:**

Başkan: Prof. Dr. Ahmet AKSOY

Üye : Prof. Dr. Gürcan GÜLERYÜZ

Üye : Doç. Dr. Dilek DEMİREZEN YILMAZ

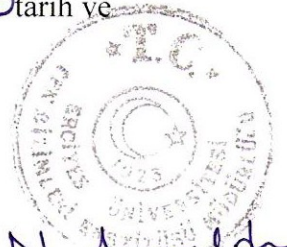
Üye : Doç. Dr. M. Yaşar DADANDI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih DUMAN

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 25/05/2010 tarih ve 2010/17-06 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

25/05/2010



N. Ayyıldız  
Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ

**Enstitü Müdürü**

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet AKSOY'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarımda yardım ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr Fatih DUMAN'a, Çalışmalarım sırasında yapıcı önerilerinden ve fotoğraf çekimlerinde yardımlarından dolayı değerli hocam Doç. Dr. M. Yaşar DADANDI'ya teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan, her konudaki yardımlarıyla bu güne gelmemi sağlayan kardeşlerim Esmeray, Cemal ve Ayşin'e özellikle canım annem Neriman ve babam Enver Çekiç'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarımda manevi destekleriyle her zaman yanımda olan eşim, Yahya'ya ve biricik oğlum Ahmet'e en derin duygularla teşekkür ederim.

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBT-08-528 proje kodu ile "Türkiye'de Yayılış Gösteren Lemnaceae (Sumercimeğigiller) Üyelerinde Bazı Ağır Metallerin Alınımı Üzerine Nitrat, Sülfat ve Fosfatın Etkisi" isimli doktora tez projesi ile desteklenmiştir. Maddi desteklerinden dolayı Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

**TÜRKİYEDE YAYILIŞ GÖSTEREN LEMNACEAE (SUMERCİMEĞİGİLLER)  
ÜYELERİNDE BAZI AĞIR METALLERİN ALINIMI ÜZERİNDE NİTRAT,  
SÜLFAT VE FOSFAT'IN ETKİSİ**

**Zeliha LEBLEBİCİ**  
**Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Doktora Tezi, Mayıs 2010**  
**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet AKSOY**

**ÖZET**

Bu çalışmada Türkiye’de yayılış gösteren Sumercimeğigiller’e ait 5 farklı türden *Lemna minor* L., *Lemna gibba* L., ve *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. Kayseri Sultansazlığı ve Soysallı su kaynağı civarından, *Lemna trisulca* L., ve *Lemna turionifera* Landolt türleri ise Konya, Beyşehir-Yeşildağ Kasabası’ndan temin edilmiş ve laboratuvar ortamına getirilmiştir.

Laboratuvar ortamında uygun şartlar altında, bitkilerin bir grubuna farklı konsantrasyonlarda Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Kobalt (Co), Krom (Cr) Kadmiyum (Cd), Çinko (Zn), ve Bakır (Cu) bir grubuna da hem ağır metaller hem de bitki besin maddeleri olan Nitrat, Sülfat ve Fosfat 5 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyonda uygulanmıştır. Fotosentetik pigment miktarları (klorofil a, b ve karotenoid) ve sudaki nitrat, sülfat ve fosfat miktarları tayin edilmiştir. Örnekler CEM-MARS 5 mikrodalga numune hazırlama cihazında çözülmüştür. Örneklerdeki element miktarları ICP-OES cihazında belirlenmiştir.

Çalışmamızda; ağır metal konsantrasyonu arttıkça akümülyasyon miktarının arttığı, ortam besin maddeleriyle zenginleştirildiğinde ise akümülyasyon miktarının azalmasıyla, bitkilerin ağır metallere toleransının arttığı belirlenmiştir. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça büyüme oranının azaldığı, besin eklenmiş örneklerde ise toksik etkinin hafiflediği belirlenmiştir. Fotosentetik pigment miktarlarının ağır metal konsantrasyonu artışıyla ters ilişkili olduğu fakat besin maddesi eklenmesi durumunda konsantrasyon artışına cevaben klorofil miktarındaki azalışın, hafiflediği belirlenmiştir. Sudaki besin maddelerinin giderek azaldığı fakat ağır metal konsantrasyonu arttıkça, toksik etkiden dolayı bu azalışın baskılandığı tespit edilmiştir.

Sonuçta; Besin zenginleştirilmesi bitkinin ağır metal toleransını arttırdığı için, belirli oranlarda besin maddeleriyle ve ağır metallerle kirlenmiş alanlarda bitkinin bitkisel giderim

amacıyla daha etkili şekilde kullanılabilceği düşünölmekte ve çalışmanın bitkisel giderim (fitoromediasyon) çalışmalarına katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Lemnaceae, ağır metal, besin zenginleştirilmesi, bitkisel giderim

**EFFECT OF NITRATE, PHOSPHATE AND SULPHATE ON  
ACCUMULATION OF SOME HEAVY METALS IN MEMBERS OF  
DUCKWEED SPREAD IN TURKEY**

**Zeliha LEBLEBİCİ**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Ph.D.Thesis, May 2010**

**Thesis Supervisor:Prof.Dr. Ahmet AKSOY**

**ABSTRACT**

In this study, five species of Lemnaceae which are distributed in Turkey, were studied. Lemna minor L., Lemna gibba L., and Spirodela polyrhiza (L.) Schleid. were collected from Kayseri-Sultansazlığı and around Soysallı springwater and the other two species Lemna trisulca L., and Lemna turionifera Landolt were collected from Beyşehir-Yeşildağ town of Konya, and all of the samples were brought in laboratory.

In suitable laboratory conditions, plant samples were separated into two groups. While one group was treated with different levels of Pb, Ni, Co, Cr, Zn and Cu, the other group was supplied with 5 mg L<sup>-1</sup> concentration of nitrate, phosphate and sulphate in addition to the heavy metals. Photosynthetic pigments (chlorophyll a, b and carotenoid) contents and nitrate, phosphate and sulphate levels in water were determined. Samples were then digested by using a CEM-MARS 5 microwave digestion system. Heavy metal concentrations of plant parts were determined by ICP-OES system.

In the current study, it is seen that increasing concentrations of the heavy metals also enhanced the accumulations of heavy metal in plant tissues; however, nutrient enrichments decreased the heavy metal accumulation and increased the tolerance of plants against heavy metals. Relative growth rates were negatively correlated with increasing heavy metal concentrations, but nutrient supplementation suppressed the toxicity. Photosynthetic pigment levels were negatively correlated with metal concentrations, but nutrient supplementation attenuated chlorophyll reductive caused by metal exposures. Pigment concentrations were negatively correlated with tissue heavy metal concentrations, but nutrient supplementations reduced the affect of heavy metals on tissue pigment concentrations.



In conclusion, since nutrient enrichment enhances the heavy metal tolerance of the plants, those species could be used more efficiently with nutrients for phytoremediation purposes at areas which are polluted with heavy metals.

**Keywords:** Duckweed, heavy metal, nutrient enrichment, phytoremediation

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KABUL VE ONAY .....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	v
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	xviii
TABLOLARIN LİSTESİ.....	xix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xxiii
1. BÖLÜM	
GİRİŞ .....	1
2. BÖLÜM	
GENEL BİLGİLER .....	4
2.1. Ağır Metaller .....	4
2.1.1. Kurşun (Pb).....	4
2.1.2. Çinko (Zn).....	5
2.1.3. Krom (Cr).....	5
2.1.4. Kobalt (Co) .....	6
2.1.5. Nikel (Ni) .....	6
2.1.6. Kadmiyum (Cd) .....	6
2.1.7. Bakır (Cu) .....	7
2.2. Taksonomik Genel Bilgiler.....	11
2.2.1. Lemnaceae Familyasının Genel Özellikleri.....	11
2.2.2. <i>Spirodela</i> Schleiden .....	12
2.2.3. <i>Lemna</i> L. (su mercimekleri).....	12
2.2.4. <i>L. trisulca</i> L. (zincirli sumercimeği).....	13
2.2.5. <i>L. gibba</i> L. (şişkin sumercimeği) .....	14
2.2.6. <i>L. minor</i> L. (küçük sumercimeği) .....	14
2.2.7. <i>L. turionifera</i> Landolt (su mercimeği) .....	15
2.3. Sucul Bitkilerle Yapılan Ağır Metal Çalışmaları.....	16
3. BÖLÜM	
MATERYAL VE YÖNTEMLER .....	22

3.1. Materyal .....	22
3.2. Yöntem .....	22
3.2.1. Bitki Yetiştirme ve Ağır Metal Uygulaması .....	22
3.2.2. Bitkide Ağır metal Seviyesinin Belirlenmesi .....	23
3.2.3. Varian ICP-OES Spektrometresi .....	23
3.2.4. ICP-OES için Genel Kullanım Alanları .....	25
3.2.5. Kalibrasyon .....	25
3.2.6. İstatistiksel Analizler .....	26
3.2.7. Klorofil ve Karotenoid Tayini .....	26
3.2.8. Sudaki $\text{NO}^{-3}$ -N, $\text{PO}_4^{-}$ ve $\text{SO}_4^{-2}$ tayini .....	27
4. BÖLÜM	
BULGULAR .....	28
4.1. <i>Lemna minor</i> .....	28
4.1.1. <i>L. minor</i> 'de Pb Akümülasyonu .....	28
4.1.1.1. <i>L. minor</i> 'de Pb Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	29
4.1.1.2. <i>L. minor</i> 'de Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	29
4.1.1.3. <i>L. minor</i> 'de Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	30
4.1.1.4. <i>L. minor</i> 'de Pb Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	31
4.1.1.5. <i>L. minor</i> 'de Pb Uygulanmış Örneklerde Sudaki $\text{NO}^{-3}$ -N Değişimleri .....	32
4.1.1.6. <i>L. minor</i> 'de Pb Uygulanmış Örneklerde Sudaki $\text{PO}_4^{-}$ Değişimleri .....	33
4.1.1.7. <i>L. minor</i> 'de Pb Uygulanmış Örneklerde Sudaki $\text{SO}_4^{-2}$ Değişimleri .....	34
4.1.2. <i>L. minor</i> 'de Ni Akümülasyonu .....	36
4.1.2.1. <i>L. minor</i> 'de Ni Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	37
4.1.2.2. <i>L. minor</i> 'de Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	37
4.1.2.3. <i>L. minor</i> 'de Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	38
4.1.2.4. <i>L. minor</i> 'de Ni Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	39
4.1.2.5. <i>L. minor</i> 'de Ni Uygulanmış Örneklerde $\text{NO}^{-3}$ -N Değişimleri .....	40
4.1.2.6. <i>L. minor</i> 'de Ni Uygulanmış Örneklerde $\text{PO}_4^{-}$ Değişimleri .....	41
4.1.2.7. <i>L. minor</i> 'de Ni Uygulanmış Örneklerde $\text{SO}_4^{-2}$ Değişimleri .....	42
4.1.3. <i>L. minor</i> 'de Co Akümülasyonu .....	44
4.1.3.1. <i>L. minor</i> 'de Co Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	45
4.1.3.2. <i>L. minor</i> 'de Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	45
4.1.3.3. <i>L. minor</i> 'de Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	46

4.1.3.4. <i>L. minor</i> 'de Co Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	47
4.1.3.5. <i>L. minor</i> 'de Co Uygulanmış Örneklerde NO <sup>3</sup> -N Değişimleri .....	48
4.1.3.6. <i>L. minor</i> 'de Co Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	49
4.1.3.7. <i>L. minor</i> 'de Co Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	50
4.1.4. <i>L. minor</i> 'de Cr Akümülasyonu .....	52
4.1.4.1. <i>L. minor</i> 'de Cr Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	53
4.1.4.2. <i>L. minor</i> 'de Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	53
4.1.4.3. <i>L. minor</i> 'de Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	54
4.1.4.4. <i>L. minor</i> 'de Cr Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	55
4.1.4.5. <i>L. minor</i> 'de Cr Uygulanmış Örneklerde NO <sup>3</sup> -N Değişimleri .....	56
4.1.4.6. <i>L. minor</i> 'de Cr Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	57
4.1.4.7. <i>L. minor</i> 'de Cr Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	58
4.1.5. <i>L. minor</i> 'de Cd Akümülasyonu .....	60
4.1.5.1. <i>L. minor</i> 'de Cd Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	60
4.1.5.2. <i>L. minor</i> 'de Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	61
4.1.5.3. <i>L. minor</i> 'de Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	62
4.1.5.4. <i>L. minor</i> 'de Cd Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	63
4.1.5.5. <i>L. minor</i> 'de Cd Uygulanmış Örneklerde NO <sup>3</sup> -N Değişimleri .....	64
4.1.5.6. <i>L. minor</i> 'de Cd Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	65
4.1.5.7. <i>L. minor</i> 'de Cd Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	66
4.1.6. <i>L. minor</i> 'de Zn Akümülasyonu .....	68
4.1.6.1. <i>L. minor</i> 'de Zn Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	69
4.1.6.2. <i>L. minor</i> 'de Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	69
4.1.6.3. <i>L. minor</i> 'de Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	70
4.1.6.4. <i>L. minor</i> 'de Zn Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	71
4.1.6.5. <i>L. minor</i> 'de Zn Uygulanmış Örneklerde NO <sup>3</sup> -N Değişimleri .....	72
4.1.6.6. <i>L. minor</i> 'de Zn Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	73
4.1.6.7. <i>L. minor</i> 'de Zn Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	74
4.1.7. <i>L. minor</i> 'de Cu Akümülasyonu .....	76
4.1.7.1. <i>L. minor</i> 'de Cu Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	77
4.1.7.2. <i>L. minor</i> 'de Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	77
4.1.7.3. <i>L. minor</i> 'de Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	78
4.1.7.4. <i>L. minor</i> 'de Cu Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	79

4.1.7.5. <i>L. minor</i> 'de Cu Uygulanmış Örneklerde NO <sup>-3</sup> -N Değişimleri.....	80
4.1.7.6. <i>L. minor</i> 'de Cu Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	81
4.1.7.7. <i>L. minor</i> 'de Cu Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	82
4.2. <i>Lemna gibba</i> .....	84
4.2.1. <i>L. gibba</i> 'da Pb Akümülasyonu.....	84
4.2.1.1. <i>L. gibba</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	85
4.2.1.2. <i>L. gibba</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	85
4.2.1.3. <i>L. gibba</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	86
4.2.1.4. <i>L. gibba</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	87
4.2.1.5. <i>L. gibba</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde NO <sup>-3</sup> -N Değişimleri.....	88
4.2.1.6. <i>L. gibba</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	89
4.2.1.7. <i>L. gibba</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	90
4.2.2. <i>L. gibba</i> 'da Ni Akümülasyonu.....	92
4.2.2.1. <i>L. gibba</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	93
4.2.2.2. <i>L. gibba</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	93
4.2.2.3. <i>L. gibba</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	94
4.2.2.4. <i>L. gibba</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	95
4.2.2.5. <i>L. gibba</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde NO <sup>-3</sup> -N Değişimleri.....	96
4.2.2.6. <i>L. gibba</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri.....	97
4.2.2.7. <i>L. gibba</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	98
4.2.3. <i>L. gibba</i> 'da Co Akümülasyonu .....	100
4.2.3.1. <i>L. gibba</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	100
4.2.3.2. <i>L. gibba</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	101
4.2.3.3. <i>L. gibba</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	102
4.2.3.4. <i>L. gibba</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	103
4.2.3.5. <i>L. gibba</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde NO <sup>-3</sup> -N Değişimleri .....	104
4.2.3.6. <i>L. gibba</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri.....	105
4.2.3.7. <i>L. gibba</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	106
4.2.4. <i>L. gibba</i> 'da Cr Akümülasyonu.....	108
4.2.4.1. <i>L. gibba</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	108
4.2.4.2. <i>L. gibba</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	109
4.2.4.3. <i>L. gibba</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	110
4.2.4.4. <i>L. gibba</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	111

4.2.4.5. <i>L. gibba</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde NO <sup>-3</sup> -N Değişimleri .....	112
4.2.4.6. <i>L. gibba</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri.....	113
4.2.4.7. <i>L. gibba</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	114
4.2.5. <i>L. gibba</i> 'da Cd Akümülasyonu .....	116
4.2.5.1. <i>L. gibba</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	116
4.2.5.2. <i>L. gibba</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	117
4.2.5.3. <i>L. gibba</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	118
4.2.5.4. <i>L. gibba</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	119
4.2.5.5. <i>L. gibba</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde NO <sup>-3</sup> -N Değişimleri .....	120
4.2.5.6. <i>L. gibba</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri.....	121
4.2.5.7. <i>L. gibba</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	122
4.2.6. <i>L. gibba</i> 'da Zn Akümülasyonu .....	124
4.2.6.1. <i>L. gibba</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	125
4.2.6.2. <i>L. gibba</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	125
4.2.6.3. <i>L. gibba</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	126
4.2.6.4. <i>L. gibba</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	127
4.2.6.5. <i>L. gibba</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde NO <sup>-3</sup> -N Değişimleri.....	128
4.2.6.6. <i>L. gibba</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	129
4.2.6.7. <i>L. gibba</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri.....	130
4.2.7. <i>L. gibba</i> 'da Cu Akümülasyonu .....	131
4.2.7.1. <i>L. gibba</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	132
4.2.7.2. <i>L. gibba</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	133
4.2.7.3. <i>L. gibba</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	134
4.2.7.4. <i>L. gibba</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	135
4.2.7.5. <i>L. gibba</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde NO <sup>-3</sup> -N Değişimleri .....	136
4.2.7.6. <i>L. gibba</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri.....	137
4.2.7.7. <i>L. gibba</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	138
4.3. <i>Lemna turionifera</i> .....	140
4.3.1. <i>L. turionifera</i> 'da Pb Akümülasyonu .....	140
4.3.1.1. <i>L. turionifera</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	141
4.3.1.2. <i>L. turionifera</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	141
4.3.1.3. <i>L. turionifera</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	142
4.3.1.4. <i>L. turionifera</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	143

4.3.1.5. <i>L. turionifera</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde NO <sup>3</sup> -N Değişimleri.....	144
4.3.1.6. <i>L. turionifera</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	145
4.3.1.7. <i>L. turionifera</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri.....	146
4.3.2. <i>L. turionifera</i> 'da Ni Akümülasyonu.....	148
4.3.2.1. <i>L. turionifera</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	149
4.3.2.2. <i>L. turionifera</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	149
4.3.2.3. <i>L. turionifera</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	150
4.3.2.4. <i>L. turionifera</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	151
4.3.2.5. <i>L. turionifera</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde NO <sup>3</sup> -N Değişimleri.....	152
4.3.2.6. <i>L. turionifera</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	153
4.3.2.7. <i>L. turionifera</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	154
4.3.3. <i>L. turionifera</i> 'da Co Akümülasyonu.....	156
4.3.3.1. <i>L. turionifera</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	156
4.3.3.2. <i>L. turionifera</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	157
4.3.3.3. <i>L. turionifera</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	158
4.3.3.4. <i>L. turionifera</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	159
4.3.3.5. <i>L. turionifera</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde NO <sup>3</sup> -N Değişimleri .....	160
4.3.3.6. <i>L. turionifera</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri.....	161
4.3.3.7. <i>L. turionifera</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	162
4.3.4. <i>L. turionifera</i> 'da Cr Akümülasyonu.....	164
4.3.4.1. <i>L. turionifera</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	165
4.3.4.2. <i>L. turionifera</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	165
4.3.4.3. <i>L. turionifera</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	166
4.3.4.4. <i>L. turionifera</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	167
4.3.4.5. <i>L. turionifera</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde NO <sup>3</sup> -N Değişimleri.....	168
4.3.4.6. <i>L. turionifera</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Değişimleri .....	170
4.3.4.7. <i>L. turionifera</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> Değişimleri .....	170
4.3.5. <i>L. turionifera</i> 'da Cd Akümülasyonu.....	172
4.3.5.1. <i>L. turionifera</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	172
4.3.5.2. <i>L. turionifera</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	173
4.3.5.3. <i>L. turionifera</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	174
4.3.5.4. <i>L. turionifera</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	175
4.3.5.5. <i>L. turionifera</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde NO <sup>3</sup> -N Değişimleri .....	176

4.3.5.6. <i>L. turionifera</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde $PO_4^-$ Değişimleri.....	177
4.3.5.7. <i>L. turionifera</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri .....	178
4.3.6. <i>L. turionifera</i> 'da Zn Akümülyasyonu .....	180
4.3.6.1. <i>L. turionifera</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	180
4.3.6.2. <i>L. turionifera</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	181
4.3.6.3. <i>L. turionifera</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	182
4.3.6.4. <i>L. turionifera</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	183
4.3.6.5. <i>L. turionifera</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde $NO^3-N$ Değişimleri .....	184
4.3.6.6. <i>L. turionifera</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde $PO_4^-$ Değişimleri.....	185
4.3.6.7. <i>L. turionifera</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri.....	186
4.3.7. <i>L. turionifera</i> 'da Cu Akümülyasyonu .....	188
4.3.7.1. <i>L. turionifera</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	188
4.3.7.2. <i>L. turionifera</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	189
4.3.7.3. <i>L. turionifera</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	190
4.3.7.4. <i>L. turionifera</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	191
4.3.7.5. <i>L. turionifera</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde $NO^3-N$ Değişimleri .....	192
4.3.7.6. <i>L. turionifera</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde $PO_4^-$ Değişimleri .....	193
4.3.7.7. <i>L. turionifera</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri .....	194
4.4. <i>Lemna trisulca</i> .....	196
4.4.1. <i>L. trisulca</i> 'da Pb Akümülyasyonu .....	196
4.4.1.1. <i>L. trisulca</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	197
4.4.1.2. <i>L. trisulca</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	197
4.4.1.3. <i>L. trisulca</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	198
4.4.1.4. <i>L. trisulca</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	199
4.4.1.5. <i>L. trisulca</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde $NO^3-N$ Değişimleri.....	200
4.4.1.6. <i>L. trisulca</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde $PO_4^-$ Değişimleri .....	201
4.4.1.7. <i>L. trisulca</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri.....	202
4.4.2. <i>L. trisulca</i> 'da Ni Akümülyasyonu.....	204
4.4.2.1. <i>L. trisulca</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	205
4.4.2.2. <i>L. trisulca</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	205
4.4.2.3. <i>L. trisulca</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	206
4.4.2.4. <i>L. trisulca</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	207
4.4.2.5. <i>L. trisulca</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde $NO^3-N$ Değişimleri.....	208



4.4.2.6. <i>L. trisulca</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde $PO_4^-$ Değişimleri .....	209
4.4.2.7. <i>L. trisulca</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri .....	210
4.4.3. <i>L. trisulca</i> 'da Co Akümülyasyonu .....	212
4.4.3.1. <i>L. trisulca</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	213
4.4.3.2. <i>L. trisulca</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	213
4.4.3.3. <i>L. trisulca</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	214
4.4.3.4. <i>L. trisulca</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	215
4.4.3.5. <i>L. trisulca</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde $NO^3-N$ Değişimleri .....	216
4.4.3.6. <i>L. trisulca</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde $PO_4^-$ Değişimleri.....	217
4.4.3.7. <i>L. trisulca</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri .....	218
4.4.4. <i>L. trisulca</i> 'da Cr Akümülyasyonu.....	220
4.4.4.1. <i>L. trisulca</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	221
4.4.4.2. <i>L. trisulca</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	221
4.4.4.3. <i>L. trisulca</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	222
4.4.4.4. <i>L. trisulca</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları .....	223
4.4.4.5. <i>L. trisulca</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde $NO^3-N$ Değişimleri.....	224
4.4.4.6. <i>L. trisulca</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde $PO_4^-$ Değişimleri .....	225
4.4.4.7. <i>L. trisulca</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri .....	226
4.4.5. <i>L. trisulca</i> 'da Cd Akümülyasyonu .....	228
4.4.5.1. <i>L. trisulca</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	229
4.4.5.2. <i>L. trisulca</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	229
4.4.5.3. <i>L. trisulca</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	230
4.4.5.4. <i>L. trisulca</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	231
4.4.5.5. <i>L. trisulca</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde $NO^3-N$ Değişimleri .....	232
4.4.5.6. <i>L. trisulca</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde $PO_4^-$ Değişimleri.....	233
4.4.5.7. <i>L. trisulca</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri .....	234
4.4.6. <i>L. trisulca</i> 'da Zn Akümülyasyonu .....	236
4.4.6.1. <i>L. trisulca</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	236
4.4.6.2. <i>L. trisulca</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	237
4.4.6.3. <i>L. trisulca</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	238
4.4.6.4. <i>L. trisulca</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	239
4.4.6.5. <i>L. trisulca</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde $NO^3-N$ Değişimleri .....	240
4.4.6.6. <i>L. trisulca</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde $PO_4^-$ Değişimleri .....	241

4.4.6.7. <i>L. trisulca</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri.....	242
4.4.7. <i>L. trisulca</i> 'da Cu Akümülyasyonu .....	244
4.4.7.1. <i>L. trisulca</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	244
4.4.7.2. <i>L. trisulca</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	245
4.4.7.3. <i>L. trisulca</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	246
4.4.7.4. <i>L. trisulca</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	247
4.4.7.5. <i>L. trisulca</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde $NO_3^{-}$ -N Değişimleri .....	248
4.4.7.6. <i>L. trisulca</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde $PO_4^{-}$ Değişimleri.....	249
4.4.7.7. <i>L. trisulca</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri .....	250
4.5. <i>Spirodela polyrhiza</i> .....	252
4.5.1. <i>S. polyrhiza</i> 'da Pb Akümülyasyonu.....	252
4.5.1.1. <i>S. polyrhiza</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	253
4.5.1.2. <i>S. polyrhiza</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	253
4.5.1.3. <i>S. polyrhiza</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	254
4.5.1.4. <i>S. polyrhiza</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	255
4.5.1.5. <i>S. polyrhiza</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde $NO_3^{-}$ -N Değişimleri .....	256
4.5.1.6. <i>S. polyrhiza</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde $PO_4^{-}$ Değişimleri.....	257
4.5.1.7. <i>S. polyrhiza</i> 'da Pb Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri .....	258
4.5.2. <i>S. polyrhiza</i> 'da Ni Akümülyasyonu .....	260
4.5.2.1. <i>S. polyrhiza</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı .....	260
4.5.2.2. <i>S. polyrhiza</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	261
4.5.2.3. <i>S. polyrhiza</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	262
4.5.2.4. <i>S. polyrhiza</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	263
4.5.2.5. <i>S. polyrhiza</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde $NO_3^{-}$ -N Değişimleri .....	264
4.5.2.6. <i>S. polyrhiza</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde $PO_4^{-}$ Değişimleri.....	265
4.5.2.7. <i>S. polyrhiza</i> 'da Ni Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri .....	266
4.5.3. <i>S. polyrhiza</i> 'da Co Akümülyasyonu .....	268
4.5.3.1. <i>S. polyrhiza</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	268
4.5.3.2. <i>S. polyrhiza</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları .....	269
4.5.3.3. <i>S. polyrhiza</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları .....	270
4.5.3.4. <i>S. polyrhiza</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	271
4.5.3.5. <i>S. polyrhiza</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde $NO_3^{-}$ -N Değişimleri.....	272
4.5.3.6. <i>S. polyrhiza</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde $PO_4^{-}$ Değişimleri.....	273

4.5.3.7. <i>S. polyrhiza</i> 'da Co Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri.....	274
4.5.4. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cr Akümülyasyonu.....	276
4.5.4.1. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	276
4.5.4.2. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	277
4.5.4.3. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	278
4.5.4.4. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	279
4.5.4.5. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde $NO_3^{-}$ -N Değişimleri.....	280
4.5.4.6. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde $PO_4^{-}$ Değişimleri.....	281
4.5.4.7. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cr Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri.....	282
4.5.5. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cd Akümülyasyonu.....	284
4.5.5.1. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	284
4.5.5.2. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	285
4.5.5.3. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	286
4.5.5.4. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	287
4.5.5.5. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde $NO_3^{-}$ -N Değişimleri.....	288
4.5.5.6. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde $PO_4^{-}$ Değişimleri.....	289
4.5.5.7. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cd Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri.....	290
4.5.6. <i>S. polyrhiza</i> 'da Zn Akümülyasyonu.....	292
4.5.6.1. <i>S. polyrhiza</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	293
4.5.6.2. <i>S. polyrhiza</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	293
4.5.6.3. <i>S. polyrhiza</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	294
4.5.6.4. <i>S. polyrhiza</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	295
4.5.6.5. <i>S. polyrhiza</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde $NO_3^{-}$ -N Değişimleri.....	296
4.5.6.6. <i>S. polyrhiza</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde $PO_4^{-}$ Değişimleri.....	297
4.5.6.7. <i>S. polyrhiza</i> 'da Zn Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri.....	298
4.5.7. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cu Akümülyasyonu.....	300
4.5.7.1. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Büyüme Oranı.....	300
4.5.7.2. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil a Miktarları.....	301
4.5.7.3. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Klorofil b Miktarları.....	302
4.5.7.4. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde Karotenoid Miktarları.....	303
4.5.7.5. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde $NO_3^{-}$ -N Değişimleri.....	304
4.5.7.6. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde $PO_4^{-}$ Değişimleri.....	305
4.5.7.7. <i>S. polyrhiza</i> 'da Cu Uygulanmış Örneklerde $SO_4^{-2}$ Değişimleri.....	306

## 5. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER.....	309
KAYNAKLAR .....	323
ÖZGEÇMİŞ .....	333

**KISALTMALAR VE SİMGELER**

Nitrat	$\text{NO}^{-3}\text{-N}$
Sülfat	$\text{SO}_4^{-2}$
Fosfat	$\text{PO}_4^{-}$
%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
°	Derece
m	Metre
g	Gram
L	Litre
mg	Miligram
$\mu\text{g}$	Mikrogram
ANOVA	Tekrarlı ölçümlerde Varyans Analizi
$\text{HNO}_3$	Nitrik Asit
RGR	Göreceli Büyüme Oranı
ICP-OES	Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi
CEM-MARS	Mikrodalga Numune Hazırlama Cihazı
Maks	Maksimum
Min	Minimum
Ort	Ortalama
Std hata	Standart hata
df	Serbestlik Derecesi
sig.	Önemlilik düzeyi
n	Tekrar sayısı

## TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Çevrede bulunan zehirli ağır metallerin kaynakları.....	9
Tablo 4.1. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. minor</i> örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri .....	28
Tablo 4.2. Pb uygulanmış <i>L. minor</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	35
Tablo 4.3. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. minor</i> örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri .....	36
Tablo 4.4. Ni uygulanmış <i>L. minor</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	43
Tablo 4.5. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. minor</i> örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri .....	44
Tablo 4.6. Co uygulanmış <i>L. minor</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	51
Tablo 4.7. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. minor</i> örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri .....	52
Tablo 4. 8. Cr uygulanmış <i>L. minor</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	59
Tablo 4.9. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. minor</i> örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri .....	60
Tablo 4.10. Cd uygulanmış <i>L. minor</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	67
Tablo 4.11. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. minor</i> örneklerindeki Zn miktarları ve standart hata değerleri .....	68
Tablo 4.12. Zn uygulanmış <i>L. minor</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	75
Tablo 4.13. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. minor</i> örneklerindeki Cu miktarları ve standart hata değerleri .....	76
Tablo 4.14. Cu uygulanmış <i>L. minor</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	83
Tablo 4.15. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. gibba</i> örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri .....	84
Tablo 4.16. Pb uygulanmış <i>L. gibba</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	91
Tablo 4.17. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. gibba</i> örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri .....	91
Tablo 4.18. Ni uygulanmış <i>L. gibba</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	99
Tablo 4.19. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. gibba</i> örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri .....	100
Tablo 4.20. Co uygulanmış <i>L. gibba</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	107

Tablo 4.21. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. gibba</i> örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri .....	108
Tablo 4.22. Cr uygulanmış <i>L. gibba</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	115
Tablo 4.23. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. gibba</i> örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri .....	116
Tablo 4.24. Cd uygulanmış <i>L. gibba</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	123
Tablo 4.25. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. gibba</i> örneklerindeki Zn miktarları ve standart hata değerleri .....	124
Tablo 4.26. Zn uygulanmış <i>L. gibba</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	131
Tablo 4.27. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. gibba</i> örneklerindeki Cu miktarları ve standart hata değerleri .....	132
Tablo 4.28. Cu uygulanmış <i>L. gibba</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.....	139
Tablo 4.29. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. turionifera</i> örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri .....	140
Tablo 4.30. Pb uygulanmış <i>L. turionifera</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	147
Tablo 4.31. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. turionifera</i> örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri .....	148
Tablo 4.32. Ni uygulanmış <i>L. turionifera</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	155
Tablo 4.33. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. turionifera</i> örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri .....	156
Tablo 4.34. Co uygulanmış <i>L. turionifera</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	163
Tablo 4.35. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. turionifera</i> örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri .....	164
Tablo 4.36. Cr uygulanmış <i>L. turionifera</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	171
Tablo 4.37. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. turionifera</i> örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri .....	172
Tablo 4.38. Cd uygulanmış <i>L. turionifera</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	179

Tablo 4.39. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. turionifera</i> örneklerindeki Zn miktarları ve standart hata değerleri .....	180
Tablo 4.40. Zn uygulanmış <i>L. turionifera</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	187
Tablo 4.41. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. turionifera</i> örneklerindeki Cu miktarları ve standart hata değerleri .....	188
Tablo 4.42. Cu uygulanmış <i>L. turionifera</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .....	195
Tablo 4.43. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. trisulca</i> örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri .....	196
Tablo 4.44. Pb uygulanmış <i>L. trisulca</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları ...	203
Tablo 4.45. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. trisulca</i> örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri .....	204
Tablo 4.46. Ni uygulanmış <i>L. trisulca</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları....	211
Tablo 4.47. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. trisulca</i> örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri .....	212
Tablo 4.48. Co uygulanmış <i>L. trisulca</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları ...	219
Tablo 4.49. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. trisulca</i> örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri .....	220
Tablo 4.50. Cr uygulanmış <i>L. trisulca</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları....	227
Tablo 4.51. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. trisulca</i> örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri .....	228
Tablo 4.52. Cd uygulanmış <i>L. trisulca</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları ...	235
Tablo 4.53. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. trisulca</i> örneklerindeki Zn miktarları ve standart hata değerleri .....	236
Tablo 4.54. Zn uygulanmış <i>L. trisulca</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları ...	243
Tablo 4.55. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>L. trisulca</i> örneklerindeki Cu miktarları ve standart hata değerleri .....	244
Tablo 4.56. Cu uygulanmış <i>L. trisulca</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları ...	251
Tablo 4.57. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>S. polyrhiza</i> örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri .....	252
Tablo 4.58. Pb uygulanmış <i>S. polyrhiza</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.	259



Tablo 4.59. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>S. polyrhiza</i> örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri .....	260
Tablo 4.60. Ni uygulanmış <i>S. polyrhiza</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .	267
Tablo 4.61. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>S. polyrhiza</i> örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri .....	268
Tablo 4.62. Co uygulanmış <i>S. polyrhiza</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları	275
Tablo 4.63. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>S. polyrhiza</i> örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri .....	276
Tablo 4.64. Cr uygulanmış <i>S. polyrhiza</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .	283
Tablo 4.65. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>S. polyrhiza</i> örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri .....	284
Tablo 4.66. Cd uygulanmış <i>S. polyrhiza</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları	291
Tablo 4.67 Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>S. polyrhiza</i> örneklerindeki Zn miktarları ve standart hata değerleri .....	292
Tablo 4.68. Zn uygulanmış <i>S. polyrhiza</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .	299
Tablo 4.69. Besin eklenmiş ve eklenmemiş <i>S. polyrhiza</i> örneklerindeki Cu miktarları ve standart hata değerleri .....	300
Tablo 4.70. Cu uygulanmış <i>S. polyrhiza</i> örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları	307

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. <i>S. polyrhiza</i> 'nın fotoğrafı.....	12
Şekil 2.2. <i>L. trisulca</i> 'nın fotoğrafı.....	13
Şekil 2.3. <i>L. gibba</i> 'nın fotoğrafı.....	14
Şekil 2.4. <i>L. minor</i> 'nın fotoğrafı .....	15
Şekil 2.5. <i>L. turionifera</i> 'nın fotoğrafı.....	15
Şekil 3.1. ICP-OES'in temel bileşenleri .....	24
Şekil 4.1. <i>L. minor</i> 'e yedi günlük Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	29
Şekil 4.2. <i>L. minor</i> 'e Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	30
Şekil 4.3. <i>L. minor</i> 'e Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri .....	31
Şekil 4.4. <i>L. minor</i> 'e Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	32
Şekil 4.5. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3-</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	33
Şekil 4.6. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	34
Şekil 4.7. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	34
Şekil 4.8. <i>L. minor</i> 'e yedi günlük Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	37
Şekil 4.9. <i>L. minor</i> 'e Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	38
Şekil 4.10. <i>L. minor</i> 'e Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri.....	39
Şekil 4.11. <i>L. minor</i> 'e Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	40

Şekil 4.12. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{NO}^3\text{-N}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	41
Şekil 4.13. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{PO}_4^-$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	42
Şekil 4.14. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{SO}_4^{2-}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	42
Şekil 4.15. <i>L. minor</i> 'e yedi günlük Co ( $1\text{-}8 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	45
Şekil 4.16. <i>L. minor</i> 'e Co ( $1\text{-}8 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	46
Şekil 4.17. <i>L. minor</i> 'e Co ( $1\text{-}8 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri.....	47
Şekil 4.18. <i>L. minor</i> 'e Co ( $1\text{-}8 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	48
Şekil 4.19. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{NO}^3\text{-N}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	49
Şekil 4.20. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{PO}_4^-$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	50
Şekil 4.21. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{SO}_4^{2-}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	50
Şekil 4.22. <i>L. minor</i> 'e yedi günlük Cr ( $1\text{-}10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	53
Şekil 4.23. <i>L. minor</i> 'e Cr ( $1\text{-}10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	54
Şekil 4.24. <i>L. minor</i> 'e Cr ( $1\text{-}10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri.....	55
Şekil 4.25. <i>L. minor</i> 'e Cr ( $1\text{-}10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	56
Şekil 4.26. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{NO}^3\text{-N}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	57

Şekil 4.27. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $PO_4^-$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	58
Şekil 4.28. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $SO_4^{2-}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	58
Şekil 4.29. <i>L. minor</i> 'e yedi günlük Cd ( $0,5-4 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	61
Şekil 4.30. <i>L. minor</i> 'e Cd ( $0,5-4 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	62
Şekil 4.31. <i>L. minor</i> 'e Cd ( $0,5-4 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri.	63
Şekil 4.1.32. <i>L. minor</i> 'e Cd ( $0,5-4 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	64
Şekil 4.1.33. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $NO^3-N$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	65
Şekil 4.1.34. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $PO_4$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	66
Şekil 4.1.35. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $SO_4^{2-}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	66
Şekil 4.1.36. <i>L. minor</i> 'e yedi günlük Zn ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	69
Şekil 4.1.37. <i>L. minor</i> 'e Zn ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri .....	70
Şekil 4.1.38. <i>L. minor</i> 'e Zn ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri.	71
Şekil 4.1.39. <i>L. minor</i> 'e Zn ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	72
Şekil 4.40. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $NO^3-N$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	73

Şekil 4.41. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $PO_4^-$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	74
Şekil 4.42. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $SO_4^{2-}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	74
Şekil 4.43. <i>L. minor</i> 'e yedi günlük Cu ( $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	77
Şekil 4.44. <i>L. minor</i> 'e Cu ( $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	78
Şekil 4.45. <i>L. minor</i> 'e Cu ( $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	79
Şekil 4.46. <i>L. minor</i> 'e Cu ( $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	80
Şekil 4.47. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $NO^3-N$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	81
Şekil 4.48. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $PO_4^-$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	82
Şekil 4.49. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $SO_4^{2-}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	82
Şekil 4.50. <i>L. gibba</i> 'ya yedi günlük Pb ( $5-50 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	85
Şekil 4.51. <i>L. gibba</i> 'ya Pb ( $5-50 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	86
Şekil 4.52. <i>L. gibba</i> 'ya Pb ( $5-50 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	87
Şekil 4.53. <i>L. gibba</i> 'ya Pb ( $5-50 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	88
Şekil 4.54. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $NO^3-N$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	89
Şekil 4.55. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $PO_4^-$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	90

Şekil 4.56. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{SO}_4^{2-}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	90
Şekil 4.57. <i>L. gibba</i> 'ya yedi günlük Ni ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	93
Şekil 4.58. <i>L. gibba</i> 'ya Ni ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	94
Şekil 4.59. <i>L. gibba</i> 'ya Ni ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	95
Şekil 4.60. <i>L. gibba</i> 'ya Ni ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	96
Şekil 4.61. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{NO}^3\text{-N}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	97
Şekil 4.62. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{PO}_4^-$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	98
Şekil 4.63. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{SO}_4^{2-}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	98
Şekil 4.64. <i>L. gibba</i> 'ya yedi günlük Co ( $1-8 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	101
Şekil 4.65. <i>L. gibba</i> 'ya Co ( $1-8 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	102
Şekil 4.66. <i>L. gibba</i> 'ya Co ( $1-8 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	103
Şekil 4.67. <i>L. gibba</i> 'ya Co ( $1-8 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	104
Şekil 4.68. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{NO}^3\text{-N}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	105
Şekil 4.69. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{PO}_4^-$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	106
Şekil 4.70. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki $\text{SO}_4^{2-}$ değişimleri ve standart hata değerleri .....	106

Şekil 4.71. <i>L. gibba</i> 'ya yedi günlük Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	109
Şekil 4.72. <i>L. gibba</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	110
Şekil 4.73. <i>L. gibba</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	111
Şekil 4.74. <i>L. gibba</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	112
Şekil 4.75. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	113
Şekil 4.76. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	114
Şekil 4.77. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	114
Şekil 4.78. <i>L. gibba</i> 'ya yedi günlük Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	117
Şekil 4.79. <i>L. gibba</i> 'ya Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	118
Şekil 4.80. <i>L. gibba</i> 'ya Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	119
Şekil 4.81. <i>L. gibba</i> 'ya Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	120
Şekil 4.82. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	121
Şekil 4.83. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	122
Şekil 4.84. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	122

Şekil 4.85. <i>L. gibba</i> 'ya yedi günlük Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	125
Şekil 4.86. <i>L. gibba</i> 'ya Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	126
Şekil 4.87. <i>L. gibba</i> 'ya Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	127
Şekil 4.88. <i>L. gibba</i> 'ya Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	128
Şekil 4.89. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>-3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	129
Şekil 4.90. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	130
Şekil 4.91. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	130
Şekil 4.92. <i>L. gibba</i> 'ya yedi günlük Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	133
Şekil 4.93. <i>L. gibba</i> 'ya Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri.....	134
Şekil 4.94. <i>L. gibba</i> 'ya Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	135
Şekil 4.95. <i>L. gibba</i> 'ya Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	136
Şekil 4.96. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>-3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	137
Şekil 4.97. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	138
Şekil 4.98. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	138
Şekil 4.99. <i>L. turionifera</i> 'ya yedi günlük Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	141



Şekil 4.100. <i>L. turionifera</i> 'ya Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	142
Şekil 4.101. <i>L. turionifera</i> 'ya Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	143
Şekil 4.102. <i>L. turionifera</i> 'ya Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	144
Şekil 4.103. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	145
Şekil 4.104. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	146
Şekil 4.105. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	146
Şekil 4.106. <i>L. turionifera</i> 'ya yedi günlük Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	149
Şekil 4.107. <i>L. turionifera</i> 'ya Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	150
Şekil 4.108. <i>L. turionifera</i> 'ya Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	151
Şekil 4.109. <i>L. turionifera</i> 'ya Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	152
Şekil 4.110. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	153
Şekil 4.111. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	154
Şekil 4.112. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	154
Şekil 4.113. <i>L. turionifera</i> 'ya yedi günlük Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	157

Şekil 4.114. <i>L. turionifera</i> 'ya Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	158
Şekil 4.115. <i>L. turionifera</i> 'ya Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	159
Şekil 4.116. <i>L. turionifera</i> 'ya Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	160
Şekil 4.117. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	161
Şekil 4.118. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	162
Şekil 4.119. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	162
Şekil 4.120. <i>L. turionifera</i> 'ya yedi günlük Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	165
Şekil 4.121. <i>L. turionifera</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	166
Şekil 4.122. <i>L. turionifera</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	167
Şekil 4.123. <i>L. turionifera</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	168
Şekil 4.124. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	169
Şekil 4.125. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	170
Şekil 4.126. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	170
Şekil 4.127. <i>L. turionifera</i> 'ya yedi günlük Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	173

Şekil 4.128. <i>L. turionifera</i> 'ya Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri .....	174
Şekil 4.129. <i>L. turionifera</i> 'ya Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	175
Şekil 4.130. <i>L. turionifera</i> 'ya Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	176
Şekil 4.131. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	177
Şekil 4.132. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	178
Şekil 4.133. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	178
Şekil 4.134. <i>L. turionifera</i> 'ya yedi günlük Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	181
Şekil 4.135. <i>L. turionifera</i> 'ya Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri .....	182
Şekil 4.136. <i>L. turionifera</i> 'ya Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	183
Şekil 4.137. <i>L. turionifera</i> 'ya Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	184
Şekil 4.138. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	185
Şekil 4.139. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	186
Şekil 4.140. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	186

Şekil 4.141. <i>L. turionifera</i> 'ya yedi günlük Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	189
Şekil 4.142. <i>L. turionifera</i> 'ya Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri .....	190
Şekil 4.143. <i>L. turionifera</i> 'ya Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	191
Şekil 4.144. <i>L. turionifera</i> 'ya Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	192
Şekil 4.145. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	193
Şekil 4.146. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	194
Şekil 4.147. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	194
Şekil 4.148. <i>L. trisulca</i> 'ya yedi günlük Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	197
Şekil 4.149. <i>L. trisulca</i> 'ya Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	198
Şekil 4.150. <i>L. trisulca</i> 'ya Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	199
Şekil 4.151. <i>L. trisulca</i> 'ya Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	200
Şekil 4.152. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	201
Şekil 4.153. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	202
Şekil 4.154. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	202

Şekil 4.155. <i>L. trisulca</i> 'ya yedi günlük Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	205
Şekil 4.156. <i>L. trisulca</i> 'ya Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	206
Şekil 4.157. <i>L. trisulca</i> 'ya Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	207
Şekil 4.158. <i>L. trisulca</i> 'ya Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	208
Şekil 4.159. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	209
Şekil 4.160. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	210
Şekil 4.161. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	210
Şekil 4.162. <i>L. trisulca</i> 'ya yedi günlük Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	213
Şekil 4.163. <i>L. trisulca</i> 'ya Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	214
Şekil 4.164. <i>L. trisulca</i> 'ya Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	215
Şekil 4.165. <i>L. trisulca</i> 'ya Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	216
Şekil 4.166. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	217
Şekil 4.167. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	218
Şekil 4.168. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	218

Şekil 4.169. <i>L. trisulca</i> 'ya yedi günlük Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	221
Şekil 4.170. <i>L. trisulca</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	222
Şekil 4.171. <i>L. trisulca</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	223
Şekil 4.172. <i>L. trisulca</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı standart hata değerleri...	224
Şekil 4.173. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	225
Şekil 4.174. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	226
Şekil 4.175. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	226
Şekil 4.176. <i>L. trisulca</i> 'ya yedi günlük Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	229
Şekil 4.177. <i>L. trisulca</i> 'ya Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	230
Şekil 4.178. <i>L. trisulca</i> 'ya Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	231
Şekil 4.179. <i>L. trisulca</i> 'ya Cd (0,5-4 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	232
Şekil 4.180. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	233
Şekil 4.181. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	234
Şekil 4.182. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	234

Şekil 4.183. <i>L. trisulca</i> 'ya yedi günlük Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	237
Şekil 4.184. <i>L. trisulca</i> 'ya Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	238
Şekil 4.185. <i>L. trisulca</i> 'ya Zn (1-5-10-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	239
Şekil 4.186. <i>L. trisulca</i> 'ya Zn (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	240
Şekil 4.187. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	241
Şekil 4.188. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	242
Şekil 4.189. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	242
Şekil 4.190. <i>L. trisulca</i> 'ya yedi günlük Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	245
Şekil 4.191. <i>L. trisulca</i> 'ya Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	246
Şekil 4.192. <i>L. trisulca</i> 'ya Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	247
Şekil 4.193. <i>L. trisulca</i> 'ya Cu (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	248
Şekil 4.194. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	249
Şekil 4.195. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	250
Şekil 4.196. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	250

Şekil 4.197. <i>S. polyrhiza</i> 'ya yedi günlük Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	253
Şekil 4.198. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	254
Şekil 4.199. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	255
Şekil 4.200. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Pb (5-50 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı standart hata değerleri...	256
Şekil 4.201. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3-</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	257
Şekil 4.202. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	258
Şekil 4.203. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	258
Şekil 4.204. <i>S. polyrhiza</i> 'ya yedi günlük Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	261
Şekil 4.205. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	262
Şekil 4.206. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	263
Şekil 4.207. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Ni (1-20 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	264
Şekil 4.208. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3-</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	265
Şekil 4.209. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	266
Şekil 4.210. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	266



Şekil 4.211. <i>S. polyrhiza</i> 'ya yedi günlük Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	269
Şekil 4.212. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	270
Şekil 4.213. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	271
Şekil 4.214. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Co (1-8 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	272
Şekil 4.215. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	273
Şekil 4.216. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	274
Şekil 4.217. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	274
Şekil 4.218. <i>S. polyrhiza</i> 'ya yedi günlük Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri .....	277
Şekil 4.219. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri	278
Şekil 4.220. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri....	279
Şekil 4.221. <i>S. polyrhiza</i> 'ya Cr (1-10 mg L <sup>-1</sup> ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri .....	280
Şekil 4.222. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO <sup>3</sup> -N değişimleri ve standart hata değerleri .....	281
Şekil 4.223. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	282
Şekil 4.224. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri .....	282

- Şekil 4.225. *S. polyrhiza*'ya yedi günlük Cd ( $0,5-4 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri ..... 285
- Şekil 4.226. *S. polyrhiza*'ya Cd ( $0,5-4 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri 286
- Şekil 4.227. *S. polyrhiza*'ya Cd ( $0,5-4 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri.... 287
- Şekil 4.228. *S. polyrhiza*'ya Cd ( $0,5-4 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri ..... 288
- Şekil 4.229. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ..... 289
- Şekil 4.230. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri ve standart hata değerleri ..... 290
- Şekil 4.231. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{2-}$  değişimleri ve standart hata değerleri ..... 290
- Şekil 4.232. *S. polyrhiza*'ya yedi günlük Zn ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri ..... 293
- Şekil 4.233. *S. polyrhiza*'ya Zn ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri 294
- Şekil 4.234. *S. polyrhiza*'ya Zn ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri.... 295
- Şekil 4.235. *S. polyrhiza*'ya Zn ( $1-20 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri ..... 296
- Şekil 4.236. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ..... 297
- Şekil 4.237. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri ve standart hata değerleri ..... 298
- Şekil 4.238. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{2-}$  değişimleri ve standart hata değerleri ..... 298

- Şekil 4.239. *S. polyrhiza*'ya yedi günlük Cu ( $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri ..... 301
- Şekil 4.240. *S. polyrhiza*'ya Cu ( $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri 302
- Şekil 4.241. *S. polyrhiza*'ya Cu ( $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri.... 303
- Şekil 4.242. *S. polyrhiza*'ya Cu ( $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri ..... 304
- Şekil 4.243. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^{-3}\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ..... 305
- Şekil 4.244. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^{-}$  değişimleri ve standart hata değerleri ..... 306
- Şekil 4.245. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  değişimleri ve standart hata değerleri ..... 306

## 1. BÖLÜM

### GİRİŞ

Çevre ve doğal kaynakların kirlenmeye karşı korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi açısından son derece önemli olmakla birlikte kirlenmiş alanların temizlenmesi de mevcut çevre kirliliklerinin çözümünde büyük önem arz etmektedir [1]. Su ortamı; kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanılmaktadır ve ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan bölüm halini almıştır. Doğal dengeyi bozan bu kirleticiler organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık su şeklinde gruplandırılabilir. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre, endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eder düzeye ulaşmaktadır [1-8].

Tatlı su ekosistemleri, iz element atıklarının son noktalarından biri olarak değerlendirilebilir ve ağır metal çalışmalarında bir arşiv görevi yapabilir [9]. Tatlı ve tuzlu sularda ağır metallerin konsantrasyonu litrede nanogramdan miligrama kadar değişir. Bu yüzden sularda kirleticilerin konsantrasyonunu araştırmak için güvenilir analitik teknikler geliştirmek zorunluluğu doğmuştur. Bu zorunluluk özellikle ağır metal gibi iz elementlerin analizinde biyomonitörlerin kullanımına yöneltmiştir.

Su ve sedimentteki kirleticilerin konsantrasyonunun ölçülmesi tek başına o ortamda yaşayan canlılar üzerinde kirleticinin potansiyel etkisi hakkında yeterli bilgi veremez [10]. Sucul canlılar, kirleticilerin suda tespit edilen konsantrasyonundan 1 milyon kez daha yüksek konsantrasyonda biyoakümülyasyon özelliği gösterirler [11]. Farklı türlerdeki bitkilerde metal alınımı hem toprak, hem toprak-kök, hem de kök ile gövde arasındaki karşılıklı etkileşimle sağlanır.

Akümülatör bitkiler belirli elementleri yüksek oranda ihtiva ederler. Bütün bitkiler kendileri için gerekli olan Mg, Zn, Fe, Cu ve Mo gibi elementleri topraktan alabilirler. Bazı özel bitkiler ise, biyolojik fonksiyonları tam olarak bilinmeyen Cd, Cr, Pb, Co, Ag, Se ve Hg gibi elementleri almakla kalmaz aynı zamanda akümüle ederler.

Bu konuda yapılan araştırmalara göre bazı türler, bazı ağır metalleri daha iyi biriktirmektedir. Örneğin; hidrofitlerden *Salvinia natans* (L.) All. civa için, *Spirodella polyrhiza* ise çinko için iyi birer indikatör bitki niteliğindedir [12]. Bunun yanı sıra, *Ceratophyllum demersum* L. gibi bazı türlerin Cu, Cr, Fe, Mn, Cd ve Pb gibi değişik elementleri biriktirebildikleri belirlenmiştir [13].

Doğal sularda çeşitli etmenlerle olan kirlenmenin giderilmesinde bitkilerin kullanılması çalışmaları son yıllarda giderek artmaktadır. Bitkisel giderim (Fitoremediasyon), kirleticileri biriktirmek ve/veya daha az toksik hale getirmek ve çevrenin temizlenmesi için bitkilerin kullanımını kapsayan oldukça güçlü bir tekniktir [14].

Yaklaşık 300 yıl önce çevrenin temizlenmesinde bitkilerin kullanılması fikri ileri sürülmüştür. Bu konuda yapılan çalışmalarla, 19. yüzyılın sonlarında *Thlaspi caerulescens* J.C.& R. Fresl ve *Viola calaminaria* (D.C.) Lej. türlerinin metalleri akümüle eden ilk bitki türleri olduğu belirlenmiş ve bu amaçla kullanılabilecekleri önerilmiştir [15].

Türkiye’de Sumercimeğigiller’e ait 5 farklı tür (*Lemna minor*, *Lemna gibba*, *Lemna trisulca*, *Lemna turionifera* ve *Spirodela polyrhiza*) bulunmaktadır. Sumercimeğigiller üyeleri serbestçe yüzen, batık ya da su yüzeyinde duran küçük sucul bitkiler olup, durgun su yüzeyini halı gibi kaplarlar ve tatlı sularda kozmopolit olarak yayılış gösterirler. Ayrıca diğer bitkilere göre geniş büyüme periyoduna sahiptirler.

Sumercimeğigiller üyelerinde hücre duvarlarında lignin eksik olduğundan hazmı kolay olmakta ve çiftlik hayvanlarına protein kaynağı olarak besin sağlamaktadır. Protein içerikleri, yüksek kalitede olup çeşitli aminoasitlerden oluşmaktadır [16]. Son on yıldır Sumercimeğigiller üyeleri arıtımda üçüncü derecede olan evsel ve endüstriyel atık sularda kullanılmaktadır [17-19].

Çalışmamızda, Türkiye’de yayılış gösteren Sumercimeği üyelerine farklı konsantrasyonlarda uygulanan Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd), Kobalt (Co), Çinko (Zn), Krom (Cr) ve Bakır (Cu) gibi ağır metallerin alınımı üzerine bitki besin maddeleri olan Nitrat ( $\text{NO}^{-3}\text{-N}$ ), Sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) ve Fosfat ( $\text{PO}_4^{-}$ )’ın etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca bitkinin yapısında bulunan klorofil miktarındaki değişimler incelenerek elde edilen sonuçlar doğrultusunda bu bitkilerden bitkisel giderim amaçlı olarak daha iyi şekilde yararlanılması amaçlanmıştır.

## 2. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. Ağır Metaller Genel Bilgiler

4,5 g/cm<sup>3</sup>'den büyük yoğunluğa sahip olan metaller "ağır metal" olarak adlandırılır. Biyoloji literatüründe, farklı araştırmacılar arasında tam bir görüş birliği yoktur. Bazı biyologlar iz element, semi-metalik element (metalloid) bazıları ise "hafif metal" terimlerini kullanmışlardır [12, 20].

İz elementler, daha çok doğal sistemlerdeki bir grup elementin çok küçük konsantrasyonunu ifade etmesinin yanında, organizmalar tarafından az miktarda alınan, fakat beslenmeleri için gerekli olan ve ayrıca fizyolojik işlevi bilinmeyen elementleri de kapsamaktadır. Birçok araştırmacı ağır metalleri de iz elementler içerisinde değerlendirmektedir. Biyomedikal ve biyokimyasal araştırmalarla varılan sonuçlara göre iz elementlerin bitki ve hayvan dokularında organizmanın % 0,01'inden daha az konsantrasyonda bulduklarını kabul edilir. Beslenme açısından iz elementler milyonda bir birim (ppm) düzeyindeki elementler olarak tanımlanırlar [14].

Bazı ağır metaller canlılar için gerekli oldukları halde yüksek konsantrasyonlarda toksiktirler. Bunlar bakır (Cu), kobalt (Co), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), çinko (Zn) ve nikel (Ni)'dir. Bununla birlikte, kadmiyum (Cd), krom (Cr), civa (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller canlılar için gerekli olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösterebilir.

##### 2.1.1. Kurşun (Pb)

Kurşunun toksikliği çok eski çağlardan bu yana bilinmektedir [21]. Gerek düşük erime noktası ve gerekse dayanıklılığı nedeniyle günümüz endüstrisinde geniş bir uygulama

alanı bulmuştur. Kurşunun doğada yayılmasının temel kaynağı benzindeki alkil türevleridir [22].

Ayrıca, bu yayılım metal işletmeciliğinden, lağımlardan, kurşun kaynaklı boyalardan, fosforlu gübrelerden, pestisit ve küller gibi çeşitli kaynaklardan da gelmektedir.

Kurşun, hava, su ve topraktan bitki ve hayvanlara, gıda zincirinin bir gereği olarak da bunları tüketen insanlara geçmektedir. Havadaki kurşun, genellikle bitkilerin yenebilen kısımları ve yapraklarında toplanmakta veya çiçeklerin içinde hapsedilmektedir. Nörofiziksel etkilere, anemiye, üreme bozukluklarına, hipertansiyona, zehirlenmelere çocukların gelişiminde ise ciddi sorunlara sebep olabilmektedir. Ayrıca, kimyasal özellikleri kalsiyuma benzerlik gösterdiği için kemiklerde birikebilmektedir [23].

### 2.1.2. Çinko (Zn)

Çinko, doğada genellikle Sfalerit [(ZnFe)S], Zinkit (ZnO), Vurtzit (ZnS), Villemit (Zn<sub>2</sub>S.SiO<sub>4</sub>) gibi mineraller şeklinde bulunur. Çinko metali başlıca, galvaniz endüstrisinde, metal işletmeciliğinde, pirinç borularda, elektrik devresi anahtarlarında, boya maddelerinde, lastiklerde, tekstil sanayinde, çeşitli yağlama maddelerinin imalinde, gübre ve hayvan besinlerinde, haddelenmiş çinkoda, kuru pilde, deniz ve petrol boru hattı hizmetlerinde kullanılır [12].

Çinko, biyokimyasal olaylarda gerekli bir elementtir ve çok az miktarda (25-30 µg g<sup>-1</sup>) insan vücudunda da bulunur. İnsan vücudunda 300'ün üzerinde enzimin, nükleik asitlerin ve diğer minerallerin yapısına katılmaktadır [24]. Çinko zehirlenmesi durumunda; mide bulantısı, kusma, ishal ve uyuşukluk gözlenmektedir. Çinko ve bakır birbirlerinin bağırsaklarda emilimini engelleyerek karşılıklı antagonist etki göstermektedirler, ayrıca çinko, demirin emilimini de etkilemektedir [25].

### 2.1.3. Krom (Cr)

Krom yer kabuğunda % 0,037 oranında, Cr (III) şeklinde bulunurken Cr (VI) ise insan aktivitesi sonucunda oluşmaktadır [26]. Sanayide korozyona karşı korunması gereken makine parçalarının kaplanmasında kullanılır [12]. Krom, ayrıca kromaj, krom çelik yapımı, kaynakçılık, dericilik, fotoğrafçılık ve boya sanayisinde kullanılmaktadır. Cr



(VI) bileşikleri, deride alerjik dermatit yapabilir. Solunumla alınan krom tozları, farengit ve bronşite neden olur. Aşırı şekilde Cr (VI)'ya maruz kalındığında kansere sebep olabilmektedir [23].

#### **2.1.4. Kobalt (Co)**

Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücrelerinin üretimi ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B<sub>12</sub> vitaminin bileşenidir. Kobalt en çok süper alaşım olarak jet motor türbinlerinde kullanılırken, malzemelere manyetiklik özelliği kazandırma, korozyondan korunma ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla alaşımlarda, yüksek hız çeliklerinde, takım çeliklerinde, elmas takımlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak da kullanılır. Suda çözünürlüğü olmayan kobalt oksit (Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) solunum yolu ile alındığında vücut tarafından çok iyi emilmekte ve hücrelerde bir kaç günde çözünerek kana karışmaktadır. Uzun süre kobalt tozuna maruz kalındığında, alerjik tepkilere ve kronik bronşite neden olmakta, kandaki O<sub>2</sub> miktarını azaltarak kalp damarlarını etkilemektedir [27].

#### **2.1.4. Nikel (Ni)**

Nikel bazı enzimlerde kofaktör olarak bulunmaktadır [28]. Nikel, metabolizmada B<sub>12</sub> vitamini, metiyonin ve folik asit oluşumunda önemlidir bu yüzden gerekli element olarak önerilebilir [29]. Nikele maruz kalan kişilerde, sağlıklı insanlara göre burun kanseri riski 150 kez, akciğer kanseri riskinin ise 5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Nikel karbonil ile zehirlenmede baş ağrısı, baş dönmesi, kusma, göğüste sıkışma, öksürük, soğuk ter, bilinç kaybı görülen semptomlardır [23].

#### **2.1.5. Kadmiyum (Cd)**

Kadmiyumun doğada tek başına yer aldığı bir minerali yoktur, ancak çevreye endüstriyel kullanım, katı atıklar ve insan aktivitesi sonucu salınmaktadır [30]. Çinko minerallerinde CdCO<sub>3</sub> veya CdS halinde ve doğada % 1'i geçmeyen oranda bulunmaktadır. Miktarı diğer metallere göre daha düşüktür ve bilinen herhangi bir biyolojik fonksiyonu da bulunmamaktadır. Kadmiyum yaygın olarak mürekkep ve boyalarda pigment maddesi olarak (% 21), çoğunlukla PVC olmak üzere plastik

maddelerin stabilize edilmesinde (% 15), alaşımlarda (% 7,5), Ni-Cd pillerinde (% 3), fungusitlerde ve çeşitli elektrik malzemelerinde (% 8,5 oranında) kullanılmaktadır. En önemli kullanım alanı ise elektroliz maddesi olarak tüketilmesidir. Çinko, kadmiyum, kurşun, bakır, demir ve çelik üretimi sırasında bu cevherlerin temizlenmesi ve saflaştırılması için uygulanan işlemler, kadmiyum kirliliğinin esas kaynağını oluşturur. Bu kadmiyumun çoğu, atmosfere serbest bırakılır ve aynı zamanda PVC plastikleri, eski lastikler, metal artıkları, fosil yakıtların yakılması, atmosferik kadmiyum miktarının artmasına neden olmaktadır. Atmosfere ulaşan kadmiyum çok çabuk oksitlenerek kadmiyum oksit haline dönüşür ve serpinti yoluyla tekrar yeryüzüne döner. Bitkiler tarafından ise süper fosfat gübrenmesi sonucunda alınabilmektedir. Cd toksisitesinden en çok etkilenen organımız böbrekler olup, ayrıca üretkenlikte problemler, kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon en önemlisi de kansere yol açabilmektedir. Cd'un sebep olduğu en iyi bilinen hastalık Japonya'da görülen ve endemik olan Itai-itai hastalığıdır ve kemik anormalliklerine sebep olurken, hastalığın etkileri daha çok bayanlarda gözlenmektedir [30].

#### **2.1.6. Bakır (Cu)**

Doğaya geniş bir şekilde yayılmış olan bakır günümüzde bilhassa elektrik, makine ve otomotiv sanayinde ve çeşitli alaşımlarda, dekoratif kaplama ve çeşitli süs eşyalarında, altın alaşımlarında kullanılmaktadır. Fizyolojik faaliyetlerin devamı için gerekli bir element olan bakır, proteinlerin işlevlerinde rol oynamakta ve ayrıca vücuttaki tüm kimyasal tepkimelerde katalizör görevini yapmaktadır [23].

Normal beslenme dışında bulaşma ve başka nedenlerle alınan bakır vücutta toksik etki yapmaktadır. Vücuda gereğinden fazla alınan bakır Wilson hastalığına sebep olmaktadır. Daha çok 6–20 yaş arasında görülen bu hastalığın belirtileri arasında, sinir sistemi bozukluğu, karaciğer sirozu, gözlerde renk halkası oluşumları sayılabilir. Bu arada ince bağırsakta bakır absorpsiyonuyla birlikte karaciğer, böbrekler ve beyinde birikim yaparak vücutta birtakım bozukluklara neden olmaktadır. Bakır özellikle çinkoyla ve diğer elementlerle de ilişki içerisinde olup, yüksek çinko alımı bakır alımını etkilemekte ve taşınımında rekabete girmektedirler [23].

Ağır metaller biyolojik döngü içinde en önemli zararlarını bitkilerde meydana

getirmektedir. Tohum çimlenmesi, çıkış, fide büyüme ve gelişimi, bitkilerde büyüme ve gelişmede gerilikler, biyomas üretiminin düşmesi, çiçek ve meyve tutumunda azalma, verimde düşme ve ürün kalitesinde bozulma bu zararlardan bazılarıdır. Bundan başka, ağır metallerin fotosentetik aktiviteyi sekteye uğratması, azot döngüsü ve bağlanmasını bozması, klorofil miktarını azaltması, enzim sistemlerinde bozulmalara yol açması, bitkilere yararlı diğer elementlerin alımını engellemesi gibi hücre içi mekanizmalarda da olumsuz etkileri bulunmaktadır [29]. Ağır metaller birçok kaynaktan ekosisteme dahil olmaktadır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Çevrede bulunan zehirli ağır metallerin kaynakları [12].

<b>A-Metal İşletmeciliği ve Eritmeden Gelenler</b>
Maden işlemlerinden çevreye rüzgarla yayılan (Cd, Hg, Pb, As)
Metallerin eritilmesinden (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Se)
Demir ve çelik endüstrisinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
Metal işletmeciliğinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
<b>B- Endüstri</b>
Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg)
Tekstil (Zn, Al, Ti, Sn)
Ev aletleri yapımından (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
Ağaç işletmeciliği (Cu, Cr, As)
Rafineri (Pb, Ni, Cr)
<b>C-Havadaki Partikül ve Dumanlar</b>
Şehir, fabrika vs. (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)
Metal işletmeciliği (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn)
Taşıtlardan (No, Pb, V, Cd)
Fosil yakıtlardan (As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd)
<b>D- Tarım</b>
Gübreler (As, Cd, Mn, U, V, Zn)
Hayvansal Gübreler (As, Cu, Mn, Zn)
Kireçler (As, Pb)
Pestisidler (Cu, Mn, Zn)
Sulama (Cd, Pb, Zn)
Metal aşınması (Fe, Pb, Zn)
<b>E- Atıklar</b>
Lağım (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn)
Kazma ve delmeler (As, Cd, Fe, Pb)
Küller (Cu, Pb)

Ağır metaller akut toksik etkileri nedeniyle, hem ucuz hemde uygun metotlarla çevreden uzaklaştırılmaları veya daha az toksik formlara dönüştürülmeleri gerekmektedir.

Bitkisel giderim (fitoremediasyon), kirleticileri biriktirmek ve/veya daha az toksik hale getirmek ve çevrenin temizlenmesi için bitkilerin kullanımını kapsayan oldukça güçlü bir tekniktir. Düşük maliyet, kendi kendini yenileyebilme, birçok metale uygulanabilirlik, çevreye zararsız olması gibi avantajları vardır. Bitkiler, toprak ve su arıtımı için, benzersiz genetik, biyokimyasal ve fizyolojik özellikleri nedeniyle ideal araçlardır.

Bitkisel giderim temelde iki kısımdır;

a)-Fitokstraksiyon; Metal akümüle eden bitkiler kullanılır ve metalin hasat edilebilen bitki kısımlarında biriktirilerek alınması sağlanır.

b)-Fitostabilizasyon: Burada ise metale toleranslı bitkiler kullanılır. Çünkü metale toleranslı bitkiler metalin mobilitesini düşürür. Böylece zemin suyundan ya da diğer dış kaynaklı metallerin çevreye dağılma riski azaltılır.

Metale zengin ortamlarda yaşayan bitkiler 2 ana grupta toplanabilir.

1-Pseudometallofitler: Hem kirletilmiş hemde kirletilmemiş ortamda yaşayan bitkiler

2-Metallofitler: Yalnız kirletilmiş alanda yaşayan bitkiler.

Metale tolerans temelde iki temel stratejinin sonucudur.

a)-Metal dışlama: Metal dışlamadaki olay, metal alınımından kaçma ve gövdeye metal taşınımını engelleme şeklindedir. Pseudometallofitlerde genelde bu durum görülür.

b)-Metal akümüle etme: Baker ve Walker [31]'a göre bulunduğu substrattan daha yüksek konsantrasyonda element içeren bitkiler akümülatör olarak değerlendirilirler.

Biyoalınabilirlik, çok sık kullanılmasına rağmen açıkça tarif edilmemiştir. Brun ve arkadaşları'na [32] göre alınabilirlik, bir canlıya sunulduğunda o canlının alabileceği kadardır. Yani biyoalınabilirlik, metalin topraktaki oranına, fraksiyonuna, mobilitesine göre değerlendirilmelidir. Metal alınımının miktarı, bitki içinde metal dağılımının nasıl olduğu ve bitkide kalma süresi önemlidir. Sucul ekosistemlerde, metallerin alınabilirliği karasal ekosistemlerle karşılaştırıldığında düşüktür. Metallerin farklı formlarının farklı alınabilirlikleri vardır. Suda çözünen ve değişebilir metallerin alınabilirliği yüksektir. İnorganik bileşikler olarak çökelmiş metaller ve humuslu materyaller ile bileşik oluşturan metaller potansiyel olarak alınabilir. Çözünmez sülfid şeklinde çökmüş metaller alınabilir formda değildirler. Bitkiler suda çözünen kimyasal maddelerin taşınımını değiştirebilirler, bu nedenle metallerin alınımı kök çevresi ve rizosferde

meydana gelir. Rizosferdeki pH tüm toprağın pH'ından yüksek olabilir ve yüksek miktarda metal çözülür ve kök çevresinden alınır. Bitki kökleri ayrıca rizosfere çözünür organik bileşikler salar ve bu da metalleri kompleksleştirir ve alınımlarını artırır [14].

## 2.2. Taksonomik Genel Bilgiler

Lemnaceae familyası kozmopolit olup, 6 cins ve 43 kadar tür içerir. Ülkemizde 2 cins ve 5 türü bulunmaktadır.

Lemnaceae familyasının taksonomisi aşağıdaki gibidir [33].

Alem:	Plantae
Bölüm:	Spermatophyta
Altbölüm:	Angiospermae
Sınıf:	Liliopsida (Monocotyledoneae)
Altsınıf:	Arecidae
Takım:	Arales
Familiya:	Lemnaceae

### 2.2.1. Lemnaceae Familyasının Genel Özellikleri

Tatlı sularda yaşayan ve su üzerinde yüzen veya kısmen suya batık yaşayan, çok yıllık küçük otsulardır. Kökler yok veya indirgenmiş veya dallanmamış rizoidler şeklindedir. Bitkinin gövdesi indirgenmiş ve küçük ovat, oblong, şişkin veya yuvarlağımsı tallus şeklinde, yaprak yoktur. Periant yok, çiçekler tek eşeylidir. Erkek çiçekler tek veya 2'li gruplar halinde, 1 veya nadiren 2 stamenlidir. Dişi çiçekler tek, pistil 1, ovaryum üst durumda, 1 lokuluslu ve karpelli, ovüller 1-7 adet, ortotrop veya anatrop, plasentasyon bazaldır. Meyve utrikle, 1-6 tohumludur. Balıklar ve su kuşları için gıda maddesidir [34].

1. Yapraksız yapıdaki gövdenin alt yüzü mat kırmızımsı mavi ve her birinde 5-15 kök bulunur:

**Spirodela**

1. Yapraksız yapıdaki gövdenin alt yüzü yeşil ve her birinde 1 kök bulunur:

**Lemna**

### 2.2.2. *Spirodela* Schleiden

Bir türü vardır.

*S. polyrhiza* (L.) Schleiden (iri su mercimeği)

Yapraksı yapıdaki gövde su yüzeyinde yüzer, tek veya 2-5 li gruplar halinde bulunur, 4-8 mm, orbikular-ovlat, asimetrik, kenarları tam, genellikle 5-10 damarlı, üst yüzü yeşil, alt yüzü mat kırmızımsı mavi. Kökler 5-15 adet. Meyveler (Türkiye örneklerinde görülmemiştir) hafifçe kanatlı, globos biçiminde. Tohumlar ovoid, üstü düz veya damarlı (Şekil 2.1).

Bulunduğu Ortam: Göl, küçük su birikintileri ve dere kenarlarındaki durgun sularda, 0-1100 m [34].



Şekil 2.1. *S. polyrhiza* (iri su mercimeği).

### 2.2.3. *Lemna* L. (su mercimekleri)

Yapraksı yapıdaki gövdeler suya batık veya yüzücü, tek veya küçük gruplar halinde, bu gruplar; kısa veya uzun saplarla kenarında birbirine bağlı, (1) 3-5 damarlı, bazen üst yüzü orta kısmında papillalı, pulsu. Kök tek. Meyve globos. Tohumlar ovoid, boyuna damarlı [34].

Dört türü vardır.

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. Yapraksı gövdeler suya batık                          | <b>1. trisulca</b>    |
| 1. Yapraksı gövdeler su yüzünde yüzücü                   |                       |
| 2. Yapraksı gövdenin alt yüzü şişkin, 4-5 damarlı        | <b>2. gibba</b>       |
| 2. Yapraksı gövdenin alt yüzü düz, 3 damarlı             |                       |
| 3. Yapraksı gövdenin uzunluğu eninin en az 1.5 katı      | <b>3. minor</b>       |
| 3. Yapraksı gövdenin uzunluğu eninin en fazla 1-1.5 katı | <b>4. turionifera</b> |

#### 2.2.4. *L. trisulca* L. (zincirsi sumercimeği)

Verimsiz yapraksı gövdeler suya batık, 3-15 x 1-5 mm, oblongdan dar ovata kadar, yassı, uç kısmı dişli, çoğunlukla kökleri yok, (2) 8-15 (20) mm uzunluğundaki yeşil renkli saplarla birbirlerine bağlı olarak dallanan zincirler oluştururlar. Verimli yapraksı gövdeler (Türkiye örneklerinde görülmemiştir) 2-3 lü gruplar halinde yüzücü ve sapları kısa [34] (Şekil 2.2).

Bulunduğu Ortam: Tatlı ve acı su göllerinde, su kaynaklarında, 0-1650 m.



Şekil 2.2. *L. trisulca* (zincirsi sumercimeği).



### 2.2.5. *L. gibba* L. (şişkin sumercimeği)

Yapraksı gövdeleri su yüzeyinde yüzücü, 1,5-7 mm, suborbikulardan ovata kadar, biraz asimetrik, tek veya kısa şeffaf sapçıklarla birbirine bağlı olarak 1 den fazla. Alt yüzü kuvvetli şekilde şişkin, bazen yassı, sıklıkla beyazımsı, bazen mat kırmızımsı mavi; üst yüzü yeşil veya bazen kırmızımsı [34] (Şekil 2.3).

Bulunduğu Ortam: Göl, su birikintileri, dere ve su kanalları, su kaynakları ve çeltik tarlalarında, 0-1650 m.



Şekil 2.3. *L. gibba* (şişkin sumercimeği).

### 2.2.6. *L. minor* L. (küçük sumercimeği)

Yapraksı gövdeler su yüzeyinde yüzücü, 1,5-4 mm, ovattan elipse kadar, hemen hemen simetrik, tek veya kısa şeffaf sapçıklarla birbirine bağlı olarak 1 den fazla. Alt yüzü şişkin değil, mat kırmızımsı mavi; üst yüzü yeşil, nadiren mat kırmızımsı mavi [34] (Şekil 2.4).

Bulunduğu Ortam: Göl, su birikintileri, dere ve su kanalları, su kaynakları ve çeltik tarlalarında, 0-1650 m.



Şekil 2.4. *L. minor* (küçük sumercimeği).

#### 2.2.7. *L. turionifera* Landolt

*L. minor*'a benzer, ancak; yapraksız gövdeler orbikulardan ovata kadar, genellikle üst yüzünde orta damar boyunca çok sayıda papilla bulunur [34] (Şekil 2.5).

Bulunduğu Ortam: Su birikintileri ve göllerde, 1170-2350 m.



Şekil 2.5. *L. turionifera*.

### 2.3. Sucul Bitkilerle Yapılan Ağır Metal Çalışmaları

Hadad ve ark. [35] *Salvinia herzogii* bitkisinde nitrat ve fosfatın ağır metal toleransına etkisini incelemişlerdir. Besin eklendiğinde yapraklarda Zn'nun toksik etkisi azalmış ve köklerden yapraklara geçişi durmuştur. Besin alınımıyla klorofil kaybı hafiflemiş, kök biyomasında metal toksisitesi azalmış (Cr ve Zn) veya baskı altına alınmıştır (Ni).

El-Kheir ve ark. [36] *L. gibba*'yı atık sularda yetiştirerek nitrat, amonyak, orto fosfat, Cu, Pb, Zn ve Cd miktarını incelemişlerdir. Atık sularda nitrat % 89, Amonyak % 100, Ortofosfat % 82, Cu % 64,4, Pb % 100, Zn % 93,6, ve Cd % 66,7 oranında azalmıştır. *L. gibba*'daki kuru, yaş ağırlık ve protein miktarı ise sürekli artış göstermiştir.

Kömür yatağı deresindeki suyla muamele edilen bitkilerdeki ağır metal miktarları ve kökten gövdeye geçişi (translokasyon faktörü) incelenmiştir. *L. minor* ve *Eichornia crassipes*'in (Martius) Solms-Laubach ağır metal alımının çok fazla olduğu, *S. polyrrhiza*'nında üçüncü sırada yer aldığı belirtilmiştir. Translokasyon faktörü ise en fazla *L. minor*'de görülmüştür [37].

Drost ve ark. [38] *L. minor*'e laboratuvar ortamında farklı konsantrasyonlarda Zn, Cu, Ni ve Cd ekleyerek 3, 5 ve 7. günlerdeki biyokonsantrasyon faktörü (BCF) ve göreceli büyüme oranını (RGR) model uygulayarak incelemişlerdir. 7. günün sonunda Ni ve Zn düşük toksisite, Cd ve Cu ise yüksek toksisite göstermiştir. Biyokonsantrasyon miktarı ise en çok Cd'da gözlenmiştir.

Upadhyay ve ark. [39] 4 farklı sucul bitkiyi 2. dereceden atık sularda yetiştirmiş ve ağır metal alınımını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonunda atık sulardan ağır metal uzaklaştırılmasında sucul bitkilerden yararlanılması gerektiği ve bu işlemde sırasıyla *Pistia stratiotes* L., *Azolla pinnata* R. Br., *E. crassipes*, *L. minor* ve *S. polyrrhiza*'nın etkili olduğu belirtilmiştir.

Körner ve ark. [40] farklı amonyum ve amonyak konsantrasyonundaki evsel atıksularda, pH'a bağlı olarak *L. gibba* üzerindeki toksisitesini incelemişlerdir. *L. gibba*'nın göreceli büyüme oranı (RGR) belirli bir düzeyden sonra, yani NH<sub>3</sub>

konsantrasyonu arttıkça azaldığı, maksimum düzeye ulaştığında ise (8 mg N L<sup>-1</sup>) bitkilerin çoğunun öldüğü belirtilmiştir.

Cu ve Cd ile kirlenmiş suları temizlemek için yapılan başka bir çalışmada, Cd'un Cu'a göre daha toksik olduğu ve *L. minor*'ün Cu ve Cd ile kirlenmiş sularda bitkisel giderim için uygun olduğu belirtilmiştir [41].

Seth ve ark. [42] *S. polyrrhiza*'da arsenat ve kadmiyumun toksik etkisine ve akümülyasyon oranına bakmışlar, sonuçta her iki element içinde bitkinin yüksek akümülyasyon oranına sahip olduğunu ve bitkisel giderim için uygun tür olduğunu belirtmişlerdir.

Duman ve ark. [43] *S. polyrrhiza* ve *L. gibba*'da nikel, bakır ve kadmiyumun biyoakümülyasyonunu incelemişler ve sonuçta metal konsantrasyonu arttıkça akümülyasyon miktarının arttığını, her iki bitkininde Cd için hiperakümülatör olduğunu ve *L. gibba*'nın *S. polyrrhiza*'ya göre metal akümülyasyonun da daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Duman ve ark. [44] *Nasturtium officinale* R. Br. bitkisinde Cd, Co ve Cr'un büyüme oranına etkisini ve bitki tarafından akümülyasyon oranlarını incelemişlerdir. Sonuçta bitki tarafından Co akümülyasyonu yüksek bulunurken Cr akümülyasyonu düşük bulunmuştur ve büyüme oranının ağır metal konsantrasyonu arttıkça azaldığı belirtilmiştir.

Dört farklı sucul bitkide Hg alınımı ve akümülyasyonu karşılaştırılmış ve bitkilerin köklerindeki civa miktarı arttıkça sudaki miktarın azaldığı gözlemlenmiştir. Alınımında *P. stratiotes* (su marulu) ve *E. crassipes* (su sümbülü)'nün daha etkili olduğu bunları *Colocasia esculanta* L. Schott ve *Scirpus tabernaemontani* Gmel. (zebra sazı) takip ettiği belirtilmiştir [45].

Fritioff ve Greger [46] *Potamogeton natans*'a L. Zn, Cu, Cd ve Pb uygulayarak kök, gövde ve yaprağa doğru ağır metal taşınımını incelemişlerdir. Cd hariç diğer metallerde taşınımın fazla olmadığı, Cd'un ise yapraktan gövdeye taşınımının fazla olduğu gözlenmiştir. Tüm elementler içinse en fazla birikimin köklerde olduğu belirtilmiştir.

Driever ve arkadaşları [47] *L. minor*'ün yüksek bitki yoğunluğundaki, büyüme oranını incelemiş, bitki yoğunluğu arttıkça büyüme oranında azalışın olduğunu belirtmişlerdir.

Üç farklı su bitkisine Fe, Cu, Zn, Mn, Cr ve Pb uygulanarak konsantrasyon faktörü (CF) incelenmiş ve *L. minor*'ün deney süresince canlı kaldığı belirtilmiştir. *Spirodela intermedia*'nın W. Koch en yüksek CF'ye sahip olduğu ve bu bitkilerin (*Pistia stratiotes*) sulardan ağır metallerin temizlenmesi için uygun oldukları belirtilmiştir [48]. *L. minor* ve *Microspora*'nın kurşun ve nikel alınımları karşılaştırılmış, sonuçta her iki bitkininde ağır metalleri uzaklaştırmada yetenekli oldukları belirtilmiştir [49].

Dirilgen ve Doğan [50] *L. minor*'e Cr, Zn, Cu'nun farklı kombinasyonlarını uygulayarak göreceli büyüme oranına (RGR) modellemeyle bakmışlardır. Sonuçta ağır metallerin toksisitesinin, sinerjik etki göstererek büyüme oranını azalttığı belirlenmiştir.

*Spirodela punctata* (G. Mey.) Thomps. kullanılarak domuz lagünlerindeki besin alınımları incelenmiştir. Yüksek N (240 ng NH<sub>4</sub>-N/L) ve P (31,0 ng PO<sub>4</sub>-P/L) düzeyinde 96 saat içinde gelişimin gözlemlendiği, bitkinin azot ve fosforu sudan aldığı, daha sonra duraklama periyoduna girildiği belirtilmiştir. Sonuçta azot ve fosforun ortak bulunduğu domuz lagünlerinde bu bitkinin yetiştirilmesinin uygun olduğu kanısına varılmıştır [51].

Prasad ve ark. [52] *L. trisulca*'yı kullanarak Cd ve Cu biyoakümülyasyonu, klorofil miktarı ve protein içeriği gibi farklı parametreleri incelemişlerdir. Cd için 10 µM'da, Cu için ise 25 ve 50 µM'da pigment yıkımı meydana gelmiştir. Cu akümülyasyonu esnasında ekstra protein oluşumu veya yıkımı gözlenmemiştir. Cd akümülyasyonunda ise 2 polipeptit gözlenmiştir.

Alaerts ve ark. [17] yaptıkları çalışmada Sumercimeği türlerinin, domuz lagünlerindeki Total Kjeldahl azot (TKN) ve total fosfor (TP) miktarının % 74-77'si uzaklaştırdıklarını kanıtlamışlardır.

Rahman ve ark. [53] *S. polyrrhiza*'da As alınımlarına PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>'in etkisini incelemişlerdir. Tüm As konsantrasyonlarında PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> konsantrasyonu arttıkça As akümülyasyonunun azaldığını belirtmişler, bunu da AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ile PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>'in analog olduklarına ve plasmalemmadan taşınırken rekabete girdiklerine dayandırmışlardır.

Appenroth ve ark. [54] *L. minor* ve *S. polyrrhiza*'da sülfatın krom toksisitesine etkisini incelemişler, farklı sülfat konsantrasyonlarında krom akümülyasyonunun değiştiğini belirtmişlerdir.

Göthberg ve ark. [55] *Ipomea aquatica* Forssk. bitkisinde besin element düzeylerinin Ag, Cd ve Pb alınımına etkisini incelemişler, sonuçta besin miktarı arttıkça ağır metal akümülyasyonunun azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca bitki büyümesinin besin eklenmesiyle ilerlediğini tespit etmişlerdir. Hücre duvarları, plasma membranları gibi farklı bitki kısımlarında besin maddeleri ve toksik metal katyonları arasında rekabet oluştuğunu belirlemişlerdir.

Shanker ve ark. [56] yaptıkları çalışmada Cr'un büyüme oranını azalttığını, besin eklenmesi durumunda ise bu etkinin hafiflediğini ortaya koymuşlardır.

Razinger ve ark. [57] *L. minor*'ü kısa süreli Cu'a maruz bırakarak antioksidatif cevabını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda CuSO<sub>4</sub> sitresinde fotosentetik pigment düzeyinde önemli azalışın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Boule ve ark. [58] *L. minor* ve *S. polyrrhiza*'nın Cu'a karşı tolerans mekanizmalarını incelemişlerdir. Cu konsantrasyonu arttıkça bitkideki klorofil a ve karotenoid miktarlarında azalışın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Bragato ve ark. [59] *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. ve *Bolboschoenus maritimus*'da (L.) Palla. besin maddeleri ve ağır metallerin akümülyasyonunu incelemişlerdir. Her iki bitkide de büyüme sezonunun sonuna doğru akümülyasyon oranının arttığı belirlenmiştir.

Oliveira ve ark. [60] *E. crassipes* ve *Salvinia auriculata*'nın Aubl. Cd stresinde Sülfat alınımını ve metabolizmasını araştırmışlardır. *E. crassipes* Cd toksisitesinde düşük sülfat alınımı gösterirken, *S. auriculata* Cd uygulamalarından daha çok etkilenmiştir.

Khellaf ve Zerdaoui [61] *L. gibba*'da Zn akümülyasyonunu incelemişlerdir. Sonuçlar sucul bitkilerin Zn akümülyasyonunda başarılı olduğunu göstermektedir.

Megateli ve ark. [62] *L. gibba*'da Cd, Cu ve Zn toksisitesi ve akümülyasyonunu incelemişlerdir. Ağır metal konsantrasyonu arttıkça büyüme oranında ve klorofil a miktarında azalış gözlenmiştir.

Scherr ve ark. [63] *L. gibba*'da büyüme oranına etki eden potansiyel faktörleri araştırmışlardır. Araştırmacılara göre potansiyel faktörler içerisinde en çok gibberellik asit miktarı, büyüme oranını azaltmaktadır.

Appenroth ve ark. [64] *L. minor* ve *S. polyrrhiza*'da Ni'in klorofil miktarına etkisi ve bitkilerin biomonitor ve bitkisel giderim amacıyla kullanımı araştırılmıştır. klorofil a ve b miktarında güçlü bir azalış gözlenirken Karotenoid miktarı fazla değişiklik göstermemiştir.

Rahman ve ark. [65] *S. polyrrhiza*'da As akümülyasyonunu incelemişlerdir. Araştırmacılar *S. polyrrhiza*'nın arseniği çok iyi miktarlarda akümüle edebildiğini ve bitkisel giderim için iyi bir tercih olduğunu belirtmişlerdir.

Naumann ve ark. [66] *L. minor*'de on ağır metalin büyüme oranına inhibisyonu incelenmiştir. Ağır metallerin bitkiye toksik etkileri sırasıyla  $Ag^+ > Cd^{2+} > Hg^{2+} > Tl^+ > Cu^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+} > Cr(VI) > As(III) > As(V)$  şeklinde belirlenmiştir.

Oporto ve ark. [67] tarafından *L. minor* kullanarak atıksuları Cr (VI)'dan temizlemek için deneysel model oluşturulmuştur. Yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda Cr alınımlarında atık sudaki başlangıç Cr konsantrasyonunun ve sıcaklığın önemli olduğu belirlenmiştir.

Mishra ve Tripathi [68] üç sucül bitkide (*S. polyrrhiza*, *E. crassipes* ve *Pistia stratiotes*) ağır metal alınımlarını ve birikimini incelemişlerdir. Sonuçlara göre ağır metalleri en yüksek oranda *E. crassipes* akümüle ederken onu *P. stratiotes* ve *S. polyrrhiza* takip etmektedir.

Upadhyay ve Panda [69] *S. polyrrhiza*'da Zn nun Cu toksisitesine etkisini incelemişlerdir. Sonuçta Zn'nun ters etki göstererek Cu toksisitesini azalttığı belirlenmiştir.

Radic ve ark. [70] *L. minor*'de çinko ve aliminyumun büyümeye ve antioksidanlara etkisini incelemişlerdir. Sonuçta Zn, Al'ye göre daha toksik bulunmuştur. Antioksidan miktarının artması ağır metallere toleransı artırmaktadır. Çinko ve aliminyumla kirlenmiş suların arıtımında *L. minor*'ün kullanılması önerilmiştir.

Wang ve ark. [71] *Hydrilla verticillata*'da (L. f.) Royle amonyum toksisitesinde oluşan antioksidatif cevabı incelemişlerdir. Amonyum konsantrasyonu arttıkça klorofil a,

klorofil b ve karotenoid miktarının azaldığı ve amonyumun oksidatif stresi artırdığı belirlenmiştir.

*Lemna* türlerinden özellikle *L. minor* ve *L. gibba* atık suların arıtılmasında kullanılan bitki grupları olması bakımından önemlidir. *L. minor*, atık sulardan N bileşiklerini % 95,5-98,5, P bileşiklerini de % 80-90 oranında uzaklaştırmaktadır. *L. minor*, azotlu bileşik ve fosfat absorpsiyonu bakımından önemli bir bitki olmakla birlikte, atık su havuzlarının askıdaki madde miktarını azaltmaktadır [72]. *L. trisulca* ötrifikasyona uğramış az oksijenli ve fazla CO<sub>2</sub> içeren, az ışıklı ve çok tuzlu pis sularda gelişimini sürdürmektedir. Bu nedenle biyolojik indikatör özelliği taşımaktadır [73].



## 3. BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEMLER

#### 3.1. Araştırma Materyallerinin Temini

Araştırmada 2009 yılı Mayıs ayında Kayseri Sultansazlığı ve Soysallı pınarları civarında yapılan arazi çalışmasıyla *Lemna minor* (38° 23, 481" Kuzey, 035° 21, 943" Doğu, 1074 m) *Lemna gibba* (38° 23, 500" Kuzey, 035° 21, 919" Doğu, 1075 m) ve *Spirodela polyrhiza* (38° 22, 090" Kuzey, 035° 20, 330" Doğu, 1071 m) türleri temin edilmiş ve laboratuvar ortamına getirilmiştir. Aynı dönem Konya, Beyşehir-Yeşildağ Kasabası'ndan (Mera yolu Recep'in pınarının önü, 37° 33, 348" Kuzey 031° 29, 331" Doğu, 1123m) *Lemna trisulca* L. ve *Lemna turionifera* Landolt türleri temin edilmiş ve laboratuvar ortamına getirilmiştir.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Bitki Yetiştirme ve Ağır Metal Uygulaması

Laboratuvar ortamına getirilen örnekler, deney ortamına hazırlamak amacıyla, geniş akvaryumlara aktarılarak, gerekli su sirkülasyonu ve havalandırma sağlanmıştır. Her bir deneme üçer tekrarlı olacak şekilde 400 ml'lik beherlerde 5'er gram bitki kullanılarak düzenlenmiştir. Bitki büyütme işlemleri bitki büyüme çemberinde kontrollü şartlar altında (23°C ve 14-saat fotoperiyot) gerçekleştirilmiştir [44]. Bu çalışmada nikel klorür ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) (1- 5- 10- 20 mg L<sup>-1</sup>), kadmiyum klorür ( $\text{CdCl}_2$ ) (0.5- 1- 2- 4 mg L<sup>-1</sup>), kurşun klorür ( $\text{PbCl}_2$ ) (5- 10- 25- 50 mg L<sup>-1</sup>), çinko klorür ( $\text{ZnCl}_2$ ) (1- 5- 10- 20 mg L<sup>-1</sup>), bakır klorür ( $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (1- 2- 5- 10 mg L<sup>-1</sup>), kobalt klorür ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) (1- 2- 4- 8 mg L<sup>-1</sup>), ve krom klorür ( $\text{CrCl}_2$ ) (1- 2- 5- 10 mg L<sup>-1</sup>) tuzları ön denemelerle belirlenen konsantrasyonlarda kullanılmıştır. Aynı şekilde besin solüsyonları için  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$  ve  $\text{K}_2\text{SO}_4$  5 mg L<sup>-1</sup>'lik [35] konsantrasyonda kullanılmıştır. Her bir düzeneğin pH değeri 6-6,5 olacak şekilde 1 M'lık kuvvetli baz (NaOH) ve kuvvetli asit (HCl) çözeltileri kullanılarak düzenlenmiştir. Deney süresinin sonunda, bitki örnekleri hasat edilerek, tartılmadan önce kurutma kâğıdı üzerinde 5 dakika bekletilerek suyunun giderilmesi

sağlanmıştır, ayrıca her bir deney sonunda göreceli büyüme oranları şu formüle göre hesaplanmıştır.

$$RGR = [\ln(W_2) - \ln(W_1)] / (t_2 - t_1)$$

( $W_1$  ve  $W_2$  = bitkinin ilk ve son yaş ağırlığı (g),  $t_1$  ve  $t_2$  = ilk ve son zaman) [74].

### 3.2.2. Bitkide Ağır Metal Seviyesinin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan cam, plastik ve porselen malzemeler önce deterjanlı su içerisinde bir gün bekletilmiştir. Daha sonra çeşme suyuyla yıkanarak % 20'lik  $HNO_3$  içine alınıp, bir gece bekletilmiştir. Daha sonra çift distile su ile yıkanarak 60 °C'de etüvde kurutulmuştur. Çalışmada kullanılan standartların ve çözeltilerin hazırlanmasında % 65'lik (Merck reagent) Nitrik asit kullanılmıştır. Ayrıca standartların ve örneklerin hazırlanmasında ve seyreltme işleminde çift distile su kullanılmıştır.

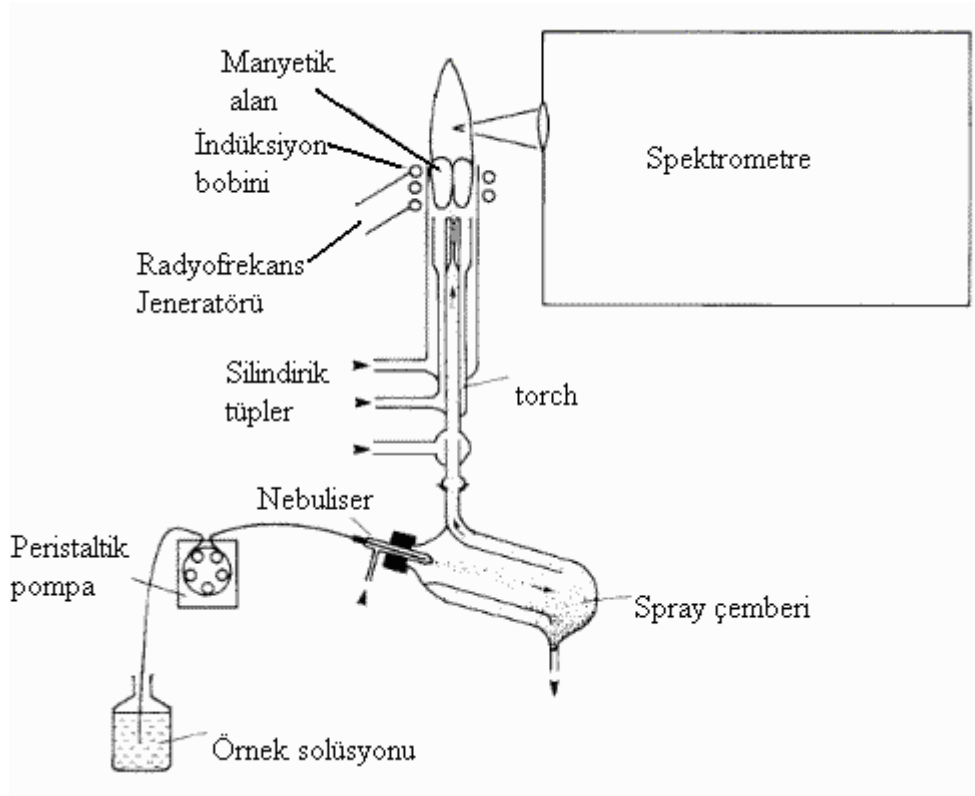
Bitki dokularının ağır metal içeriklerini tayin etmek amacıyla hasat edilen bitki dokuları distile su ile yıkanarak örnekler 105 °C'de kurutulmuştur [75]. Kurutulduktan sonra her bir denemeden elde edilen materyaller, 10 ml  $HNO_3$  kullanılarak CEM-MARS mikrodalga numune hazırlama cihazında uygun koşullarda (maksimum güç: 1200 W, güç: 100 %, ısınma süresi: 20:00 dk, basınç: 180 psi, sıcaklık: 210 °C ve çözme süresi: 10:00 dk) çözülerek, ICP-OES cihazında element miktarları belirlenmiştir [43]. Elementler için ICP-OES'de verilen algılama değerleri (deteksiyon limitleri) şu şekildedir; Pb; 2  $\mu g L^{-1}$ , Ni; 0,8  $\mu g L^{-1}$ , Co; 0,3  $\mu g L^{-1}$ , Cr; 0,3  $\mu g L^{-1}$ , Cd; 0,3  $\mu g L^{-1}$ , Zn; 0,5  $\mu g L^{-1}$  ve Cu; 0,5  $\mu g L^{-1}$ .

### 3. 2.3. Varian ICP-OES Spektrofotometresi

Analiz örneğinin atomlaştırılması ve uyarılması için alev dışındaki düzeneklerin kullanıldığı cihazlarda, alev yerine elektrotların veya plazmanın yerleştirilmesinden başka bir değişiklik yoktur.

Atomik emisyon spektroskopisinde elektrik boşalımına dayanan atomlaştırma ve uyarma kaynakları, son yıllarda yerini plazmalara bırakmıştır. En çok kullanılan plazma türü, ICP (Inductively Coupled Plasma) dır. Plazma, gaz halindeki iyon akımı olarak tanımlanabilir. Kolay iyonlaştırılabilmesi ve inert olması nedeniyle, ICP tekniğindeki

plazma, argon gazı ile oluşturulur. Çok çeşitli yöntemlerle plazma oluşturmak mümkün olmakla beraber bu yöntemde elektromanyetik olarak, argon gazının indüksiyon sarımlarında bir radyo frekans (rf) jeneratörü ile etkileştirilmesiyle elde edilir.



Şekil 3.1. ICP-OES'in temel bileşenleri [76].

Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, örnek çözeltisi argon gazı ile birlikte silindirik bir kuvarz tüp içinden plazmaya pompalanır. Plazmayı oluşturacak argon gazı çapı bu silindirik tüpten biraz daha büyük olan ikinci bir kuvarz silindirin içinden geçirilir. Dış silindirin uç kısmına değişik sayıda indüksiyon sarımı sarılır ve bu sarımlar bir radyo frekans jeneratörüne bağlanır. Dıştaki silindirin ucunda, radyofrekans jeneratöründen gelen ve indüksiyon sarımlarından geçen akım nedeniyle bir elektromanyetik alan oluşur. ICP cihazlarında frekans 27 MHz'dir. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağı ile sağlanır ve elektronlar, indüksiyon sarımının oluşturduğu manyetik alanda hızlanarak, argon atomları ile çarpışırlar ve argon iyonları daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlar. Bu işlemin tekrarlanması ile ortam sıcaklığı 6000–10000 K ( $+273 = ^\circ\text{C}$ ) arasında değişen bir sıcaklığa ulaşır. Plazmanın içine giren örnek

çözeltisi, atomlaşır ve uyarılır. ICP yönteminin üstünlükleri; yüksek sıcaklıklara ulaşabilmesi, örnek çözeltisinin plazma içerisinde oldukça uzun alıkonma süresine sahip olması ve atomlaştırma ve uyarma işlemlerini inert bir kimyasal çevrede gerçekleştirmesidir [77].

### 3.2.4. ICP-OES İçin Genel Kullanım Alanları

Kullanım yaygınlığı bakımından katı örneklerle çalışma olanağının olmaması, ICP-OES için kısıtlayıcı bir engeldir. Ancak çoğu laboratuvarlar çözeltiye alma işlemlerini, Alevli AAS için olduğu gibi, ICP-OES içinde giderek daha kolay ve daha hızlı şekilde gerçekleştirebilmekte, mikrodalgalı fırınlar ve basınçlı bombalar gibi yöntemler, hatta otomasyona bağlı çözünürleştirme işlemleri, bu konuda analizcinin yükünü azaltmaktadır.

ICP-OES için bazı genel kullanım alanları şunlardır;

Tarım ürünleri ve gıda maddeleri

Biyolojik ve klinik uygulamalar

Jeolojik maddeler

Çevre sorunları ve su analizleri

Metaller ve metal alaşımları

Petrol ürünleri ve yağ analizleri

Organik maddelerde element tayinleri [76].

### 3.2.5. Kalibrasyon

Standartlar, her element için değişik konsantrasyonlarında % 4'lük HNO<sub>3</sub> ortamında bulunan 1000 µg/mL'lik stok solüsyonundan hazırlanarak, ICP-OES'de okunmuştur. Kalibrasyon eğrisinin doğrusallığı her 30 örnekte bir kontrol edilmiştir. Standart eğrilerinin ve aletin kalibrasyonunu kontrol etmek için NIST, SRM-1547 referans materyali kullanılmıştır.

### 3.2.6. İstatistiksel Analizler

İstatistik analizler için SPSS 15.0 istatistik programı kullanılmıştır. Deneyler 3'er kez tekrarlanmıştır. Elde edilen değerlerin ortalama, standart hata, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Verilerin doğrusallığını ve homojen dağılıp dağılmadığını kontrol etmek için Kolmogorov- Smirnov test ve Levene's testleri uygulanmıştır. Varyanslar heterojen dağıldığında ise değerlerin logaritması  $[\ln (x+1)]$  alınarak düzenlenmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin etki büyüklüğünü öğrenmek için, iki yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Verilerin istatistiki yönden anlamlılığı  $p<0,05$  ve  $p<0,01$  düzeyinde sınıanmıştır.

### 3.2.7. Klorofil ve Karotenoid Tayini

Klorofil ve karotenoid miktarının belirlenmesi Criado ve ark [78] tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır. Bu amaçla kullanılabilir alternatif bir yöntemde Witham ve ark [79] tarafından belirlenmiş olmaktadır. Bu amaçla 0,1 g taze yaprak örneği alınıp asetonda öğütülmüştür. Filtre kâğıdından süzülerek elde edilen süzüntü, UV spektrofotometrede klorofil a (kl a) için 663 nm, klorofil b (kl b) için 645 nm ve toplam klorofil (kl t) için 450 nm dalga boyunda okunmuştur. Bu absorbans değerleri daha sonra aşağıdaki eşitlikte yerine konarak bitki yaprak dokusunun 1 gramında bulunan kl a, kl b ve toplam klorofil miktarları mg olarak hesaplanmıştır.

$$\text{mg kl.a/g doku} = [12.7 (D63) - 2.69 (D45)]. (V/1000.A)$$

$$\text{mg kl.b/g doku} = [22.9 (D45) - 4.68 (D63)]. (V/1000.A)$$

$$\text{mg kl.t/g doku} = [20.2 (D45) - 8.02 (D63)]. (V/1000.A)$$

(D: bitki ekstraktının belirtilen dalga boyundaki optik yoğunluğu, yani absorbans değeri, V: %80'lik asetonun son hacmi, A: ekstre edilen yaprak dokusunun g olarak taze ağırlığı).

Karotenoid Miktar Tayini Klorofil tayini için hazırlanmış ekstraktın 450 nm dalga boyunda ölçülen absorbans değeri, aşağıdaki formülde yerine koymak suretiyle, yaprak yaş ağırlığının 0,1 gramındaki mg karotenoid miktarı saptanmıştır.

$$\text{Toplam karotenoid} = [4,07 \times D_{450} - (0,0435 \times \text{kla miktarı} + 0,367 \times \text{klb miktarı})]$$

### 3.2.8. Sudaki $\text{NO}_3^-$ -N, $\text{PO}_4^-$ ve $\text{SO}_4^{2-}$ Tayini

Besin maddeleri eklenmiş beherlerde bulunan su örneklerinden 1, 3, 5 ve 7. günlerde alınarak Whatman No 1 filtre kağıdından geçirildikten sonra günlük olarak  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  ve  $\text{SO}_4$  değerleri Hach Lange DR 2800 marka spektrofotometrede belirlenmiştir [35].

$\text{NO}_3$  için; 1ml su örneği alınmış ve üzerine NitraVer 5 Nitrate Reagent kiti (Katolog No: 21061-69) ilave edilmiştir. Distile su kullanılarak spektrofotometre değeri sıfırlanmış, 5 dk'lık süre sonunda ise spektrofotometrede  $\text{NO}_3$  ölçümü yapılmıştır.

$\text{PO}_4$  için; LCK 348  $\text{PO}_4$  kiti üzerine 0,5 ml su örneği ilave edilmiş  $100^\circ\text{C}$ 'de 1 saat bekletildikten sonra örneğin üzerine 0,2 ml B solüsyonu (LCK 348-349-350, 2128 B) eklenmiş ve örnek 10 dakika boyunca karıştırıldıktan sonra spektrofotometrede  $\text{PO}_4$  ölçümü yapılmıştır.

$\text{SO}_4$  için; 1 ml su örneği alınmış ve üzerine SulfaVer 4 Sulfate Reagent kiti (Katolog No: 12065-99) ilave edilmiştir. Distile su kullanılarak spektrofotometrede değeri sıfırlanmış, 5 dk'lık süre sonunda ise spektrofotometrede  $\text{SO}_4$  ölçümü yapılmıştır.

## 4. BÖLÜM

### BULGULAR

#### 4.1. *Lemna minor*

##### 4.1.1. *L. minor*'de Pb Akümülyasyonu

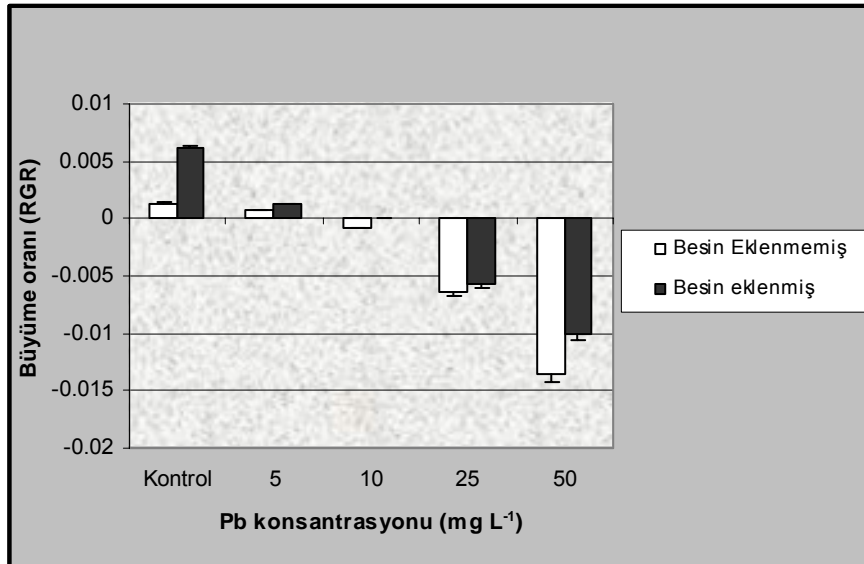
Besin eklenmiş ve besin eklenmemiş *L. minor* örneklerine yedi günlük periyot süresince farklı konsantrasyonlarda (0, 5, 10, 25, 50 mg L<sup>-1</sup>) Pb uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Pb miktarları Tablo 4.1'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun Pb alınımı üzerinde % 99,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu, konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Pb alınımı üzerine % 97,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Pb alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 41,8 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4.1. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. minor* örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

Pb Konsantrasyonu (mg L <sup>-1</sup> )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,5±0,04	0,44	0,60	0,25±0,09	0,16	0,47
<b>5</b>	1102±5,6	1097	1116	756±32,1	685	797
<b>10</b>	2420±9,7	2398	2432	1532±47,7	1401	1554
<b>25</b>	5210±27,0	5280	5300	3723±27,3	3697	3789
<b>50</b>	16807±28,2	16874	16902	11445±166	11076	11645

#### 4.1.1.1. *L. minor*'de Pb Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.1'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Pb konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı Tablo 4.2'de görülmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 93,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 92,7 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2).



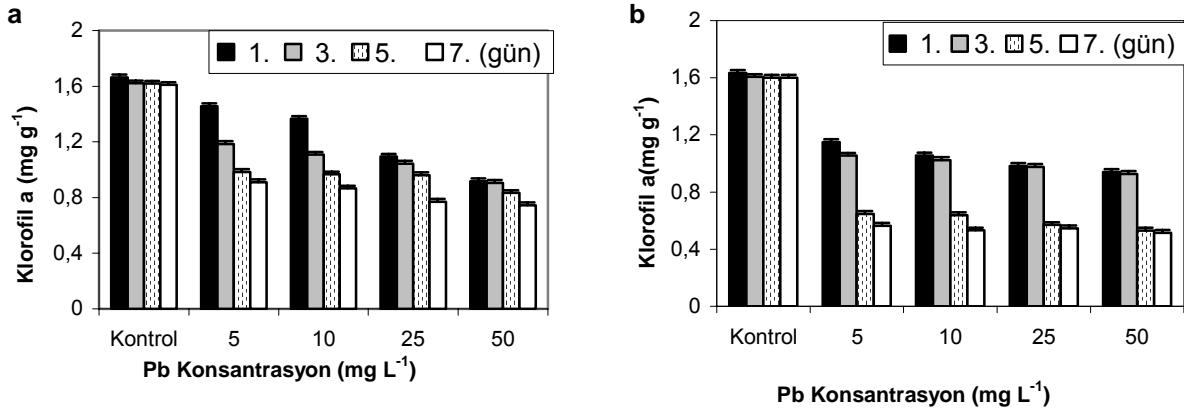
Şekil 4.1. *L. minor*'e yedi günlük Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.1.2. *L. minor*'de Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.2'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Klorofil a üzerinde sürenin % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun klorofil a üzerinde % 97,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, Pb konsantrasyonu arttıkça



klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 85,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 78,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 98 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 80,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.2 ve Tablo 4.2).

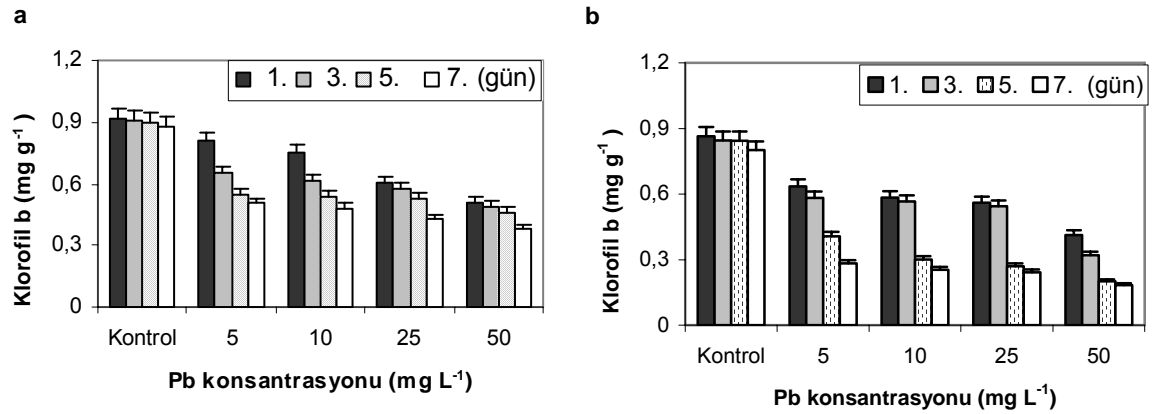


Şekil 4.2. *L. minor*'e Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.1.3. *L. minor*'de Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.3'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Şekil 4.3 ve Tablo 4.2 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 99,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 98,6 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu

gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 56,8 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 92,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 87,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

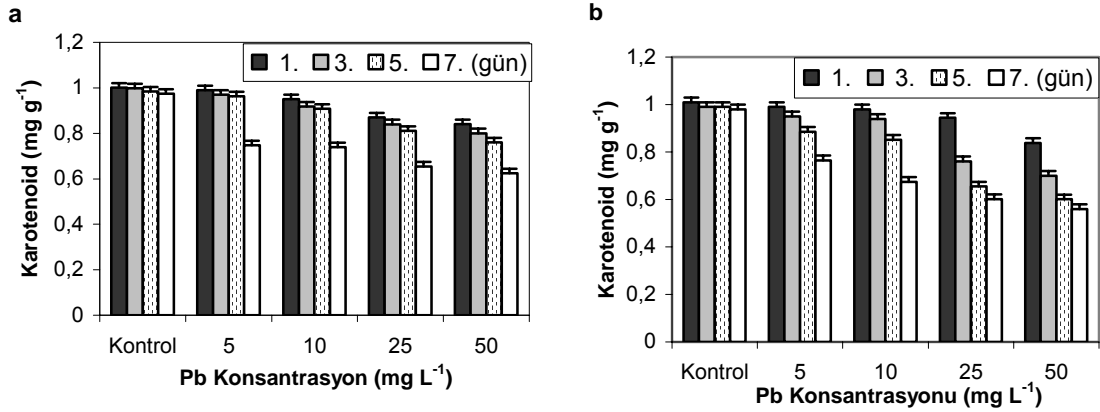


Şekil 4.3. *L. minor*'e Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.1.4. *L. minor*'de Pb Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarı

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.4'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Karotenoid üzerinde sürenin % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Pb konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 87,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 70,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin

eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 77,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4 ve Tablo 4.2).



Şekil 4.4. *L. minor*'e Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

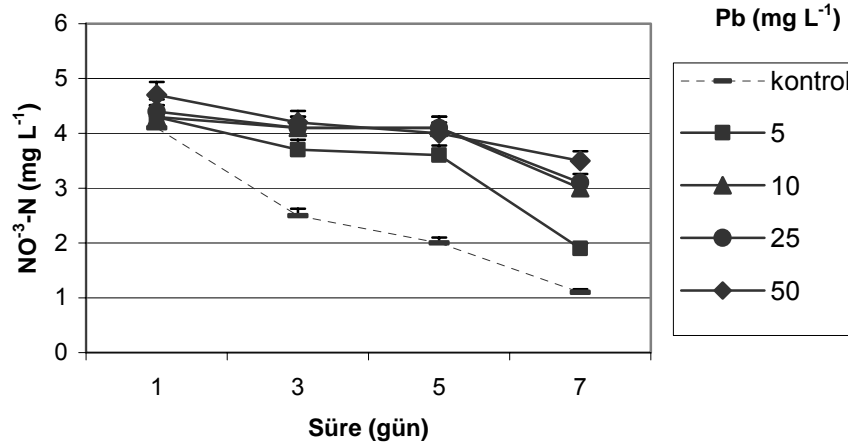
#### 4.1.1.5. *L. minor*'de Pb Uygulanmış Örneklerin NO<sup>-3</sup>-N Değişimleri

Kayseri Sultansazlığı ve Soysallı su kaynağı civarında yapılan arazi çalışması sonucunda su kaynağından aldığımız su örneğinde; (ortalama±standart sapma): pH= 6,2±0,1; iletkenlik=102±3 µS cm<sup>-1</sup>; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N= 0,033±0,004 mg L<sup>-1</sup>; NO<sup>-3</sup>-N=0,04±0,002 mg L<sup>-1</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N=0,007±0,001 mg L<sup>-1</sup> SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>= 0,2±0,02 mg L<sup>-1</sup>, Konya, Beyşehir-Yeşiladağ Kasabası'nda yapılan arazi çalışması sonucunda su kaynağından aldığımız su örneğinde ise; (ortalama±standart sapma): pH= 6,5±0,3; iletkenlik= 72±8 µS cm<sup>-1</sup>; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N= 0,021±0,01 mg L<sup>-1</sup>; NO<sup>-3</sup>-N=0,02±0,001 mg L<sup>-1</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N=0,002±0,001 mg L<sup>-1</sup> SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>= 0,09±0,03 mg L<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir.

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>-3</sup>-N değişimleri Şekil 4.5'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Pb konsantrasyonunun sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerinde % 97,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, Pb konsantrasyonu arttıkça sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarının azaldığı belirlenmiştir. Sürenin de, sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerine % 98,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, süre

arttıkça sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,6 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.5 ve Tablo 4.2).

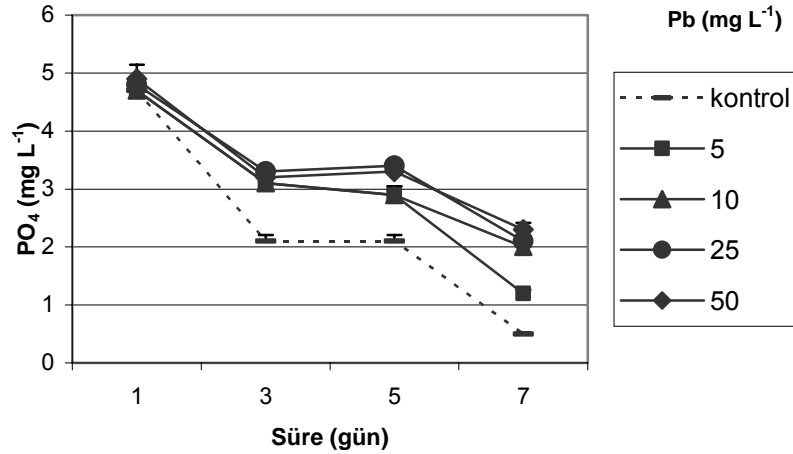


Şekil 4.5. Pb uygulaması sonunda, besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.1.1.6. *L. minor*'de Pb Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Pb uygulaması sonunda, besin eklenmiş örneklerin  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.6'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Şekil 4.6 ve Tablo 4.2 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 95,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Pb konsantrasyonu arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı belirlenmiştir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,0 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

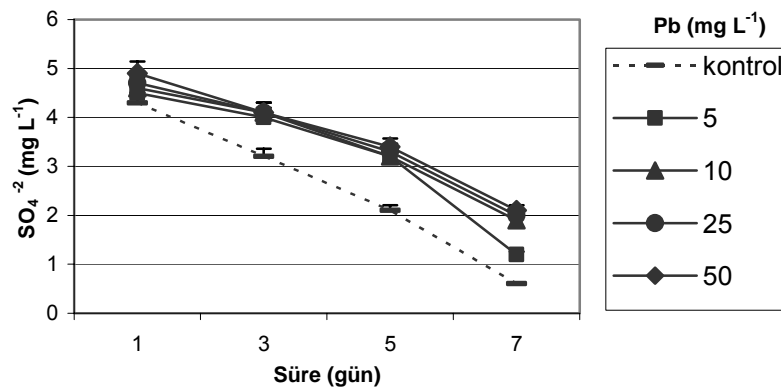


Şekil 4.6. Pb uygulaması sonunda, besin eklenmiş örneklerin PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.1.7. *L. minor*'de Pb Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Pb uygulaması sonunda, besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.7'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Şekil 4.7 ve Tablo 4.2 incelendiğinde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Pb konsantrasyonunun % 95,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu Pb konsantrasyonu arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı belirlenmiştir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,5 (p<0,01) oranında etkili olduğu süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,0 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.7. Pb uygulaması sonunda, besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.2. Pb uygulanmış *L. minor* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

<b>Pb akümülyasyonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	6352,6	< 0,01	%99,9
Besin	1	744,6	< 0,01	%97,9
Pb x Besin	3	3,83	<0,05	%41,8
Hata	20			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	5233	< 0,01	% 99,9
Besin	1	215,7	< 0,01	% 93,1
Pb x Besin	3	67,8	< 0,01	% 92,7
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	8053	< 0,01	% 99,2
Pb konsantrasyonu	3	890,6	< 0,01	%97,7
Besin	1	6692	< 0,01	% 99,7
Pb x süre	9	42,2	< 0,01	%85,8
Pb x besin	3	75,4	< 0,01	%78,2
Süre x besin	3	1016	< 0,01	% 98,0
Pb x süre x besin	9	28,2	< 0,01	%80,2
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3566	< 0,01	% 99,4
Pb konsantrasyonu	3	1477	< 0,01	% 98,6
Besin	1	6000	< 0,01	% 98,9
Pb x Süre	9	71,5	< 0,01	%71,5
Süre x besin	3	273	< 0,01	%92,8
Pb x besin	3	28	< 0,05	%56,8
Süre x Pb x Besin	9	48	< 0,01	%87,2
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2851	< 0,01	% 99,3
Pb konsantrasyonu	3	1926	< 0,01	%98,9
Besin	1	459	< 0,01	% 87,8
Pb x süre	9	39	< 0,01	%84,6
Pb x besin	3	51	< 0,01	%70,7
Süre x besin	3	189	< 0,01	%89,9
Pb x süre x besin	9	25	< 0,01	%77,9
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	325	< 0,01	%97,7
Süre	3	744	< 0,01	%98,0
Pb x Süre	9	20	< 0,01	%84,6
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	208	< 0,01	%95,4
Süre	3	3189	< 0,01	%99,6
Pb x Süre	9	30	< 0,01	%90,0
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	190	< 0,01	%95,0
Süre	3	2801	< 0,01	%99,5
Pb x süre	9	30	< 0,01	%90,0
Hata	36			

#### 4.1.2. *L. minor*'de Nikel Akümülyasyonu

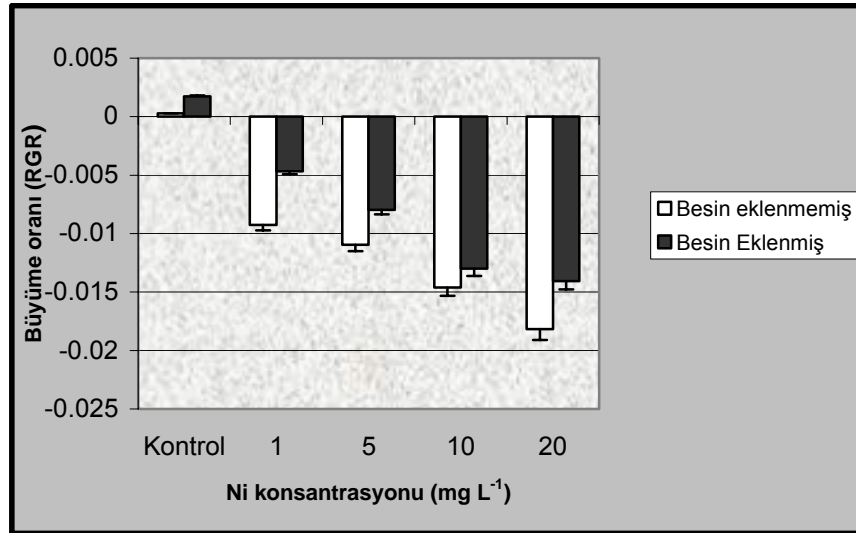
Besin eklenmiş ve besin eklenmemiş *L. minor* örneklerine yedi günlük periyot süresince farklı konsantrasyonlarda Ni uygulanmıştır. Süre sonunda, örneklerdeki Ni miktarları Tablo 4.3'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Tablo 4.3 ve Tablo 4.4 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun Ni alınımı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Ni alınımı üzerine % 95,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Ni alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 92,2 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.3. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. minor* örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Ni Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,44±0,01	0,41	0,45	0,21±0,02	0,18	0,25
<b>1</b>	136,8±1,1	134,5	138,4	114,3±3,07	107,8	118
<b>5</b>	621,4±6,4	606,3	628,1	509,2±1,98	508	514
<b>10</b>	1198,4±25,0	1158,5	1245,4	965,4±6,98	952	976
<b>20</b>	2095,3±26,5	2018,9	2101,5	1676,8±19,2	1624	1685

#### 4.1.2.1 *L. minor*'de Ni Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.8'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Ni konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 80 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8 ve Tablo 4.4).



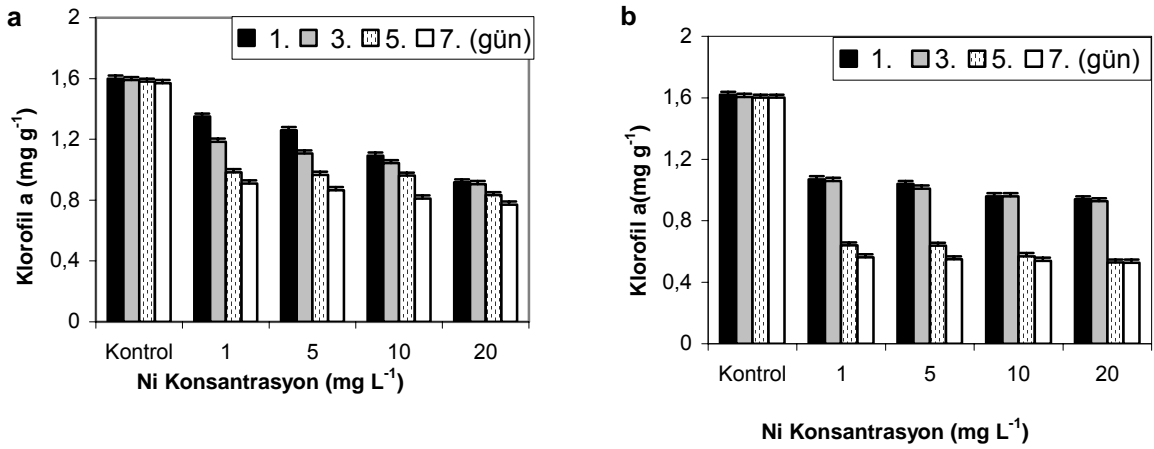
Şekil 4.8. *L. minor*'e Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.2.2 *L. minor*'de Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.9'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Klorofil a miktarının sürenin üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 98,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ni konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,8 oranında etkili olduğu, süre arttıkça



klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 77,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 85,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 98,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 87,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

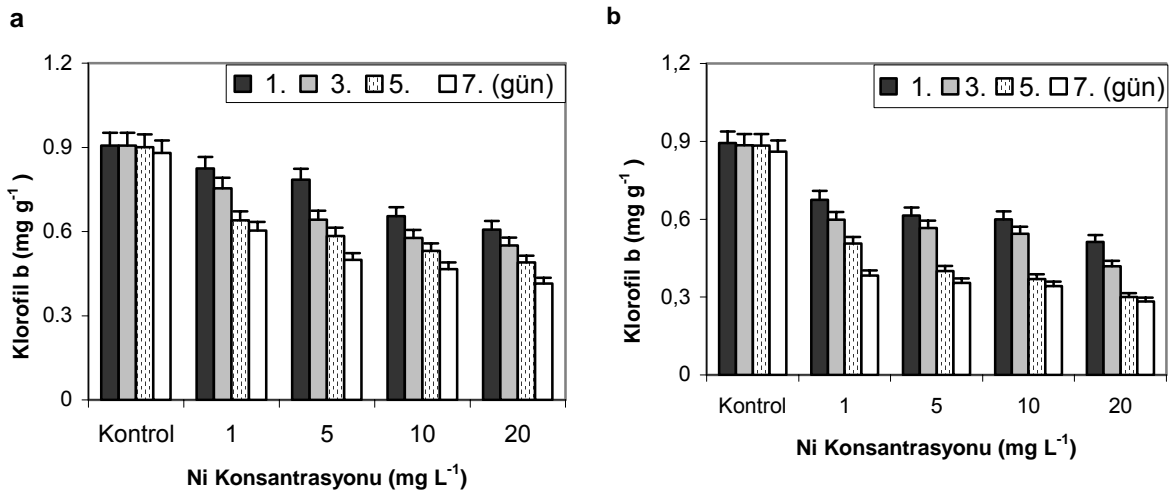


Şekil 4.9. *L. minor*'e Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.2.3 *L. minor*'de Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.10'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Sürenin klorofil b üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 98,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ni konsantrasyonunun da, klorofil b üzerinde % 98,4 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 60,3 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon

ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 80,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 75,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 74,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11 ve Tablo 4.4).

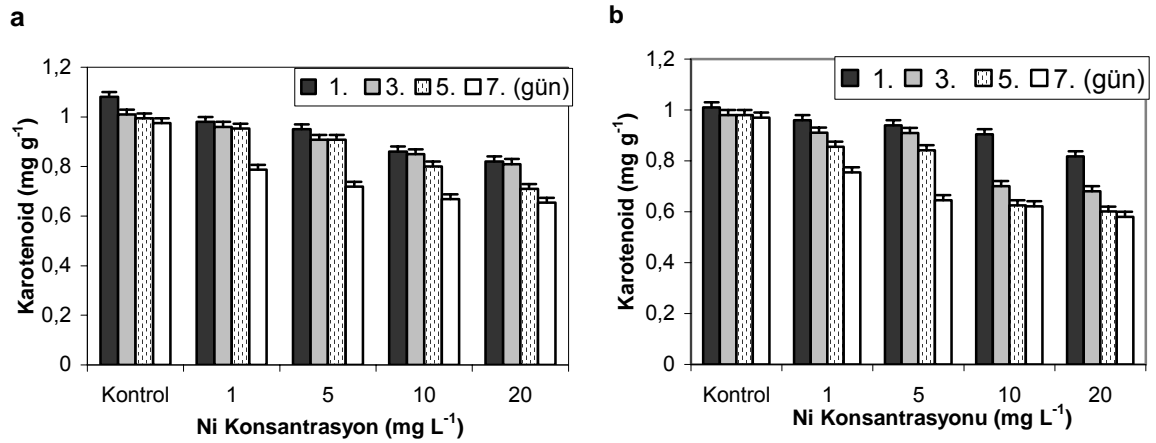


Şekil 4.10. *L. minor*'e Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.2.4 *L. minor*'de Ni Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

yedi günlük Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.11'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Şekil 4.11 ve Tablo 4.4 incelendiğinde sürenin karotenoid üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Ni konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, Ni konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de, karotenoid üzerinde % 93,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 90,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin

eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 61,5 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 87,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 80,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

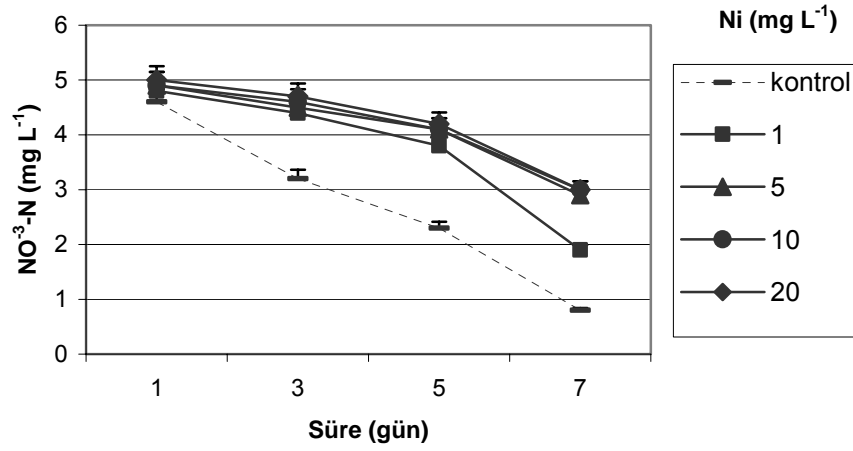


Şekil 4.11. *L. minor*'e Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.2.5. *L. minor*'de Ni Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.12'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.4'de gösterilmiştir.

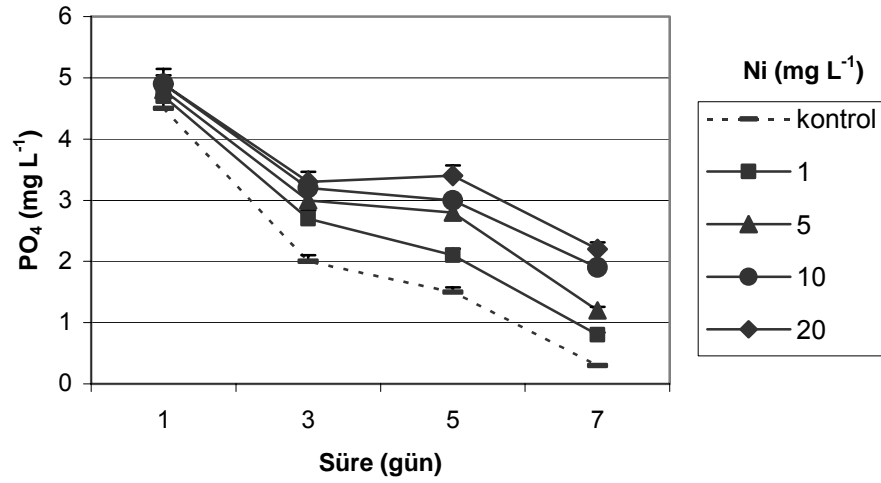
Şekil 4.12 ve Tablo 4.4 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 96,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Ni konsantrasyonu arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı belirlenmiştir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 80,1 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.1.2.6. *L. minor*'de Ni Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.13'de, iki yönlü varyans analizleri sonuçları ise Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Şekil 4.13 ve Tablo 4.4 incelendiğinde, Ni konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 93,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de, sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 89,4 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

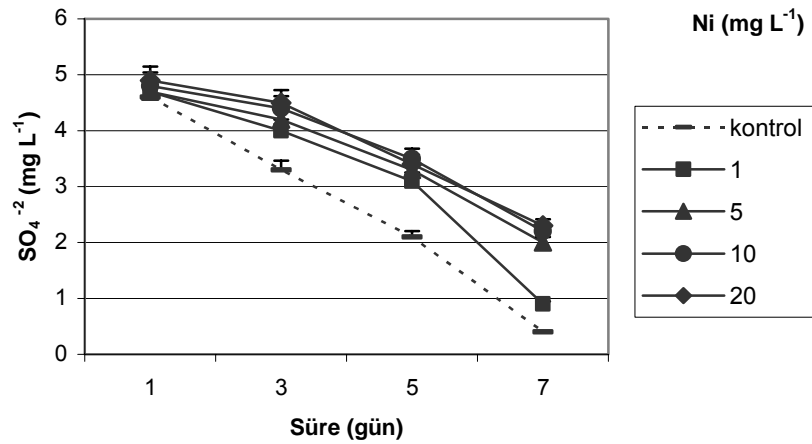


Şekil 4.13. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.2.7. *L. minor*'de Ni Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.14'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.4'de gösterilmiştir.

Sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Ni konsantrasyonunun % 94,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 98,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 87,0 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.14 ve Tablo 4.4).



Şekil 4.14. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.4. Ni uygulanmış *L. minor* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

<b>Ni akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	4958,6	< 0,01	%99,9
Besin	1	333,7	< 0,01	%95,4
Ni x Besin	3	62,6	<0,05	%92,2
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni				
konsantrasyonu	3	2452	< 0,01	% 99,8
Besin	1	2018	< 0,01	% 99,2
Ni x Besin	3	21,2	< 0,01	% 80
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	8067	< 0,01	% 99,7
Ni konsantrasyonu	3	1044	< 0,01	% 99,8
Besin	1	1215	< 0,01	% 98,0
Ni x süre	9	24	< 0,01	% 77,1
Ni x besin	3	128	< 0,01	% 85,8
Süre x besin	3	1557	< 0,01	% 98,6
Ni x süre x besin	9	48	< 0,01	%87,2
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2796	< 0,01	% 99,2
Ni konsantrasyonu	3	1324	< 0,01	% 98,4
Besin	1	4056	< 0,01	% 98,4
Süre x Ni	9	10,7	< 0,05	%60,3
Süre x besin	3	67	< 0,01	%75,8
Ni x besin	3	86	< 0,01	%80,3
Süre x Ni x Besin	9	21	< 0,01	%74,8
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2213	< 0,01	% 99,0
Ni konsantrasyonu	3	1799	< 0,01	%98,8
Besin	1	882	< 0,01	% 93,2
Ni x süre	9	64	< 0,01	%90,0
Ni x besin	3	34	< 0,05	%61,5
Süre x besin	3	154	< 0,01	%87,9
Ni x süre x besin	9	29	< 0,01	%80,3
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	274	< 0,01	%96,2
Süre	3	814	< 0,01	%99,0
Ni x Süre	9	17	< 0,01	%80,1
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	199	< 0,01	%93,1
Süre	3	3023	< 0,01	%99,2
Ni x Süre	9	28	< 0,01	%89,4
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	179	< 0,01	%94,2
Süre	3	2743	< 0,01	%98,3
Ni x süre	9	32	< 0,01	%87,0
Hata	36			

#### 4.1.3. *L. minor*'de Co Akümülayonu

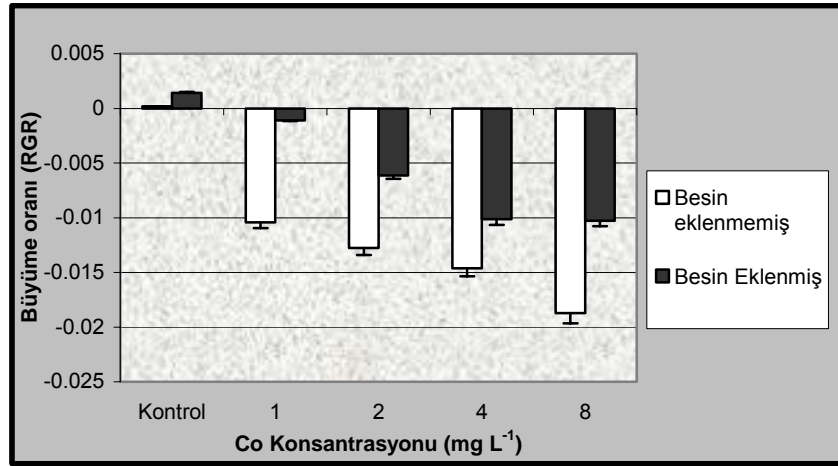
Besin eklenmiş ve besin eklenmemiş *L. minor* örneklerine yedi günlük periyot süresince farklı konsantrasyonlarda Co uygulanmıştır. Süre sonunda, örneklerdeki Co miktarları Tablo 4.5'de, iki yönlü varyans analizi de Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Tablo 4.5 ve Tablo 4.6. incelendiğinde, Co konsantrasyonunun Co alınımı üzerinde % 99,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de, Co alınımı üzerine % 96,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Co alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 94,0 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.5. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. minor* örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Co</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>			
	<b>Konsantrasyonu</b> <b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ort/Std hata</b> <b>(<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata</b> <b>(<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>		0,12±0,02	0,10	0,15	0,09±0,01	0,05	0,12
<b>1</b>		26,4±1,7	21,41	27,10	14,9±1,21	13,5	17,6
<b>2</b>		224,9±4,94	214,5	231,6	182,4±2,36	179,5	187,6
<b>4</b>		521,4±4,92	514,2	531,2	347,1±5,80	334,7	354,6
<b>8</b>		812,4±16,0	798,4	852,1	641,3±6,62	621,5	641,4

#### 4.1.3.1. *L. minor*'de Co Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.15'de, iki yönlü varyans analizi de Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Co konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,5 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 94,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.15 ve Tablo 4.6).



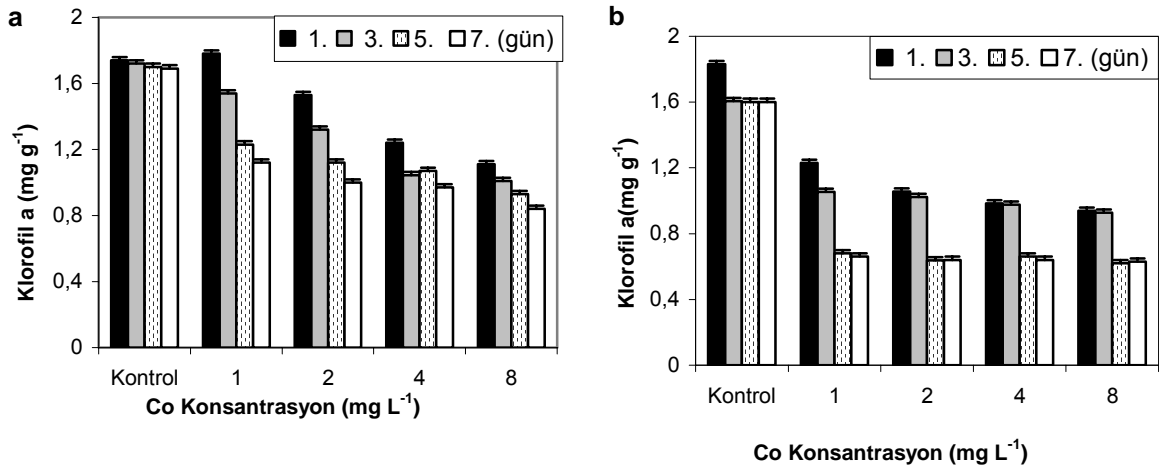
Şekil 4.15. *L. minor*'e Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde 7. günün sonundaki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.3.2 *L. minor*'de Co Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.16'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.16 ve Tablo 4.6 incelendiğinde klorofil a üzerinde sürenin % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Co konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,4 oranında etkili



olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 97,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 95,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 98,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 89,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

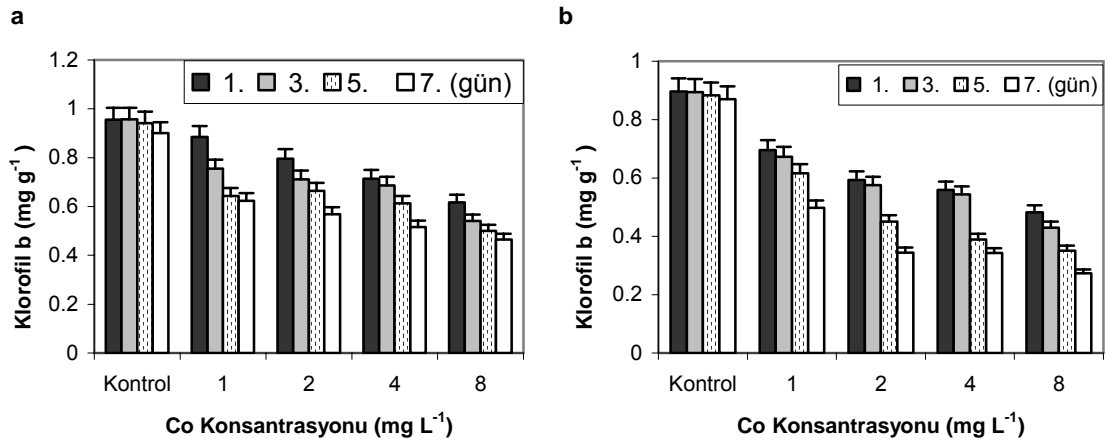


Şekil 4.16. *L. minor*'e Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.3.3 *L. minor*'de Co Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.17'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.17 ve Tablo 4.6 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de, klorofil b üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Co konsantrasyonunun da, klorofil b üzerinde % 98,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 71,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu

gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 80,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 70,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 81,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

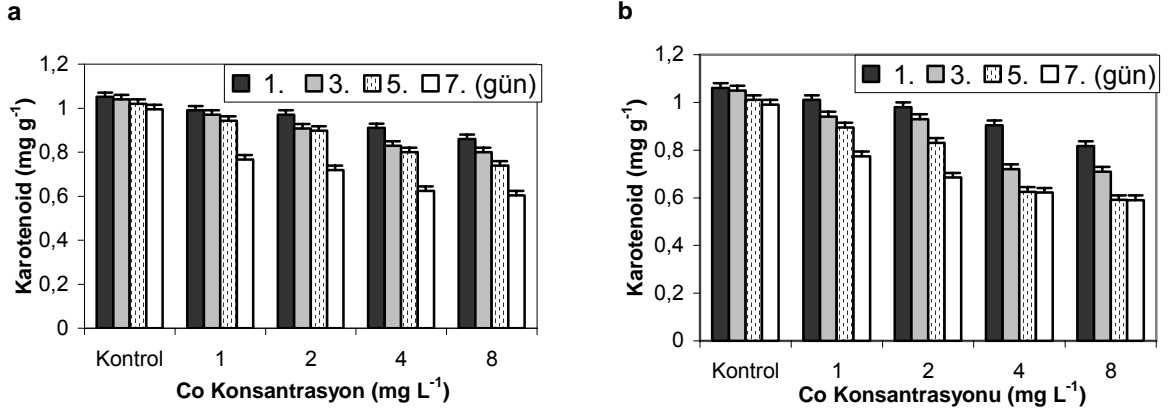


Şekil 4.17. *L. minor*'e Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.3.4 *L. minor*'de Co Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.18'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Co konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, Co konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de, karotenoid üzerinde % 88,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 86,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 74,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin

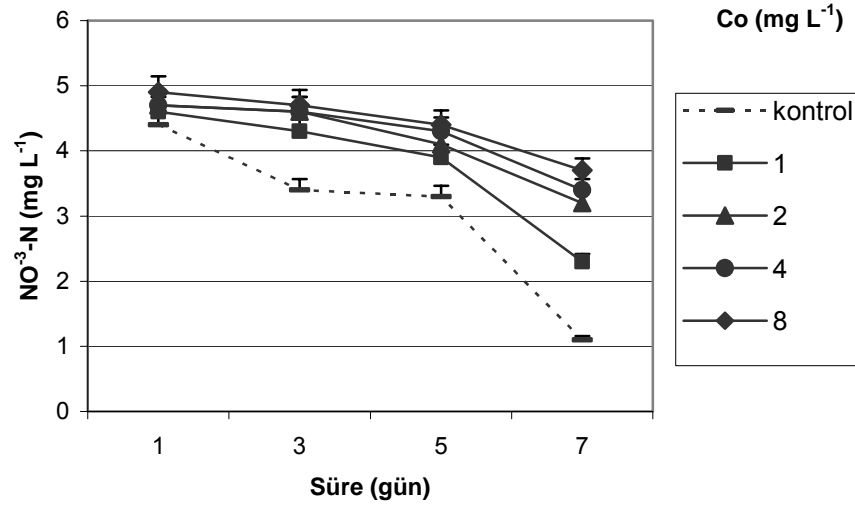
eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 85,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 76,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.18 ve Tablo 4.6).



Şekil 4.18. *L. minor*'e Co ( $1-8 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri ( $\text{mg g}^{-1}$  yaş ağırlık,  $n=3$ ).

#### 4.1.3.5. *L. minor*'de Co Uygulanmış Örneklerin $\text{NO}^3\text{-N}$ Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri Şekil 4.19'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.19 ve Tablo 4.6. incelendiğinde Co konsantrasyonunun sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  miktarı üzerinde % 96,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  miktarı üzerine % 98,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 81,3 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

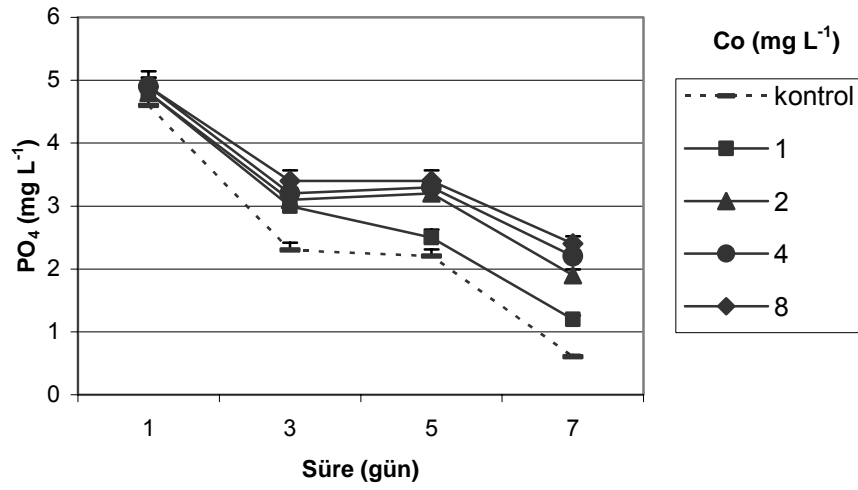


Şekil 4.19. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.3.6. *L. minor*'de Co Uygulanmış Örneklerin PO<sub>4</sub><sup>-</sup> Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri Şekil 4.20'deki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

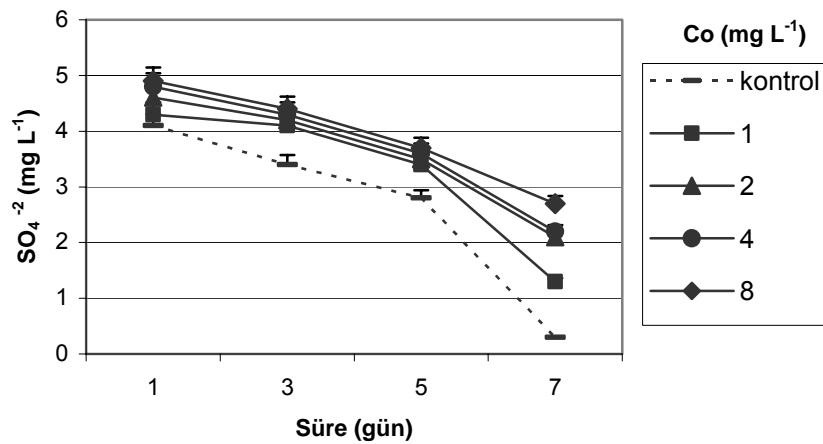
Co konsantrasyonunun sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarı üzerinde % 97,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarı üzerine % 98,6 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,2 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.20 ve Tablo 4.6).



Şekil 4.20. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.3.8 *L. minor*'de Co Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.21 'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.21 ve Tablo 4.6 incelendiğinde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Co konsantrasyonunun % 96,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,0 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.21. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.6. Co uygulanmış *L. minor* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

<b>Co akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	3775,3	< 0,01	%99,9
Besin	1	431,4	< 0,01	%96,4
Co x Besin	3	84,2	<0,05	%94,0
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	1012	< 0,01	% 99,5
Besin	1	3198	< 0,01	% 99,5
Co x Besin	3	95,5	< 0,01	% 94,7
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	9005	< 0,01	% 99,8
Co konsantrasyonu	3	3463	< 0,01	% 99,4
Besin	1	26723	< 0,01	% 99,8
Co x süre	9	295	< 0,01	% 97,6
Co x besin	3	403	< 0,01	% 95
Süre x besin	3	1156	< 0,01	% 98,2
Co x süre x besin	9	58,9	< 0,01	% 89,2
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2123	< 0,01	% 99,0
Co konsantrasyonu	3	1942	< 0,01	% 98,9
Besin	1	5719	< 0,01	% 98,9
Süre x Co	9	18	< 0,01	%71,7
Süre x besin	3	52	< 0,01	%70,9
Co x besin	3	89	< 0,01	%80,8
Süre x Co x Besin	9	31	< 0,01	%81,3
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2817	< 0,01	% 99,2
Co konsantrasyonu	3	2028	< 0,01	%99,0
Besin	1	486	< 0,01	% 88,4
Co x süre	9	124	< 0,01	%86,6
Co x besin	3	45	< 0,01	%74,1
Süre x besin	3	61	< 0,01	%85,3
Co x süre x besin	9	22,5	< 0,01	%76,1
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	317	< 0,01	%96,1
Süre	3	781	< 0,01	%98,5
Co x Süre	9	23	< 0,01	%81,3
Hata	36		< 0,01	

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	351	< 0,01	%97,2
Süre	3	2175	< 0,01	%98,6
Co x Süre	9	26	< 0,01	%88,2
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	175	< 0,01	%96,4
Süre	3	3015	< 0,01	%99,1
Co x süre	9	41	< 0,01	%91,0
Hata	36			

#### 4.1.4. *L. minor*'de Cr Akümülayonu

Besin eklenmiş ve besin eklenmemiş *L. minor* örneklerine yedi günlük periyot süresince farklı konsantrasyonlarda Cr uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Cr miktarları Tablo 4.7'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

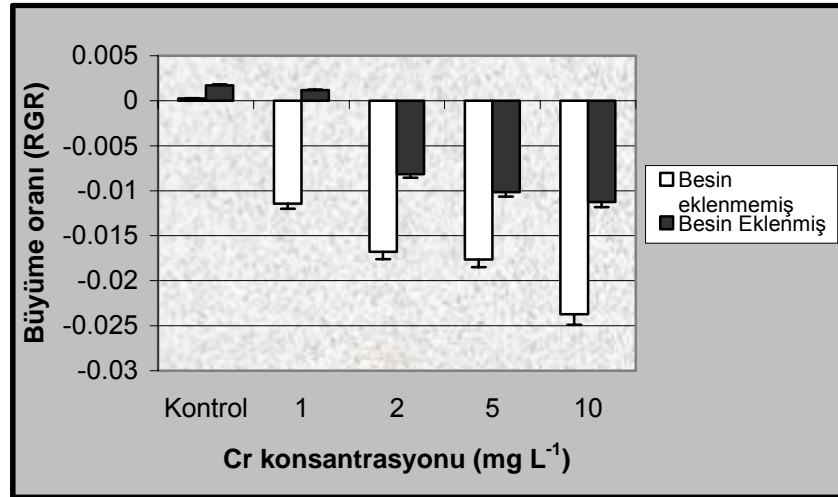
Tablo 4.7 ve Tablo 4.8. incelendiğinde Cr konsantrasyonunun Cr alınımı üzerinde % 99,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Cr alınımı üzerine % 90,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cr alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 57,6 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.7. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. minor* örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Cr Konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>		
	<b>Ort/Std hata (μg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata (μg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0,04±0,00	0,02	0,07	0,03±0,00	0,02	0,05
<b>1</b>	61,7±1,3	56,30	64,2	39,1±0,9	31,5	42,2
<b>2</b>	136,2±2,0	125,1	141,7	118,2±1,9	114,7	122,4
<b>5</b>	501,0±2,6	497,1	506,4	342,5±3,4	313,2	352,4
<b>10</b>	955,4±5,2	889,4	972,4	630,4±2,6	603,4	659,4

#### 4.1.4.1 *L. minor*'de Cr Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.22'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Cr konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 96,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.22 ve Tablo 4.8).



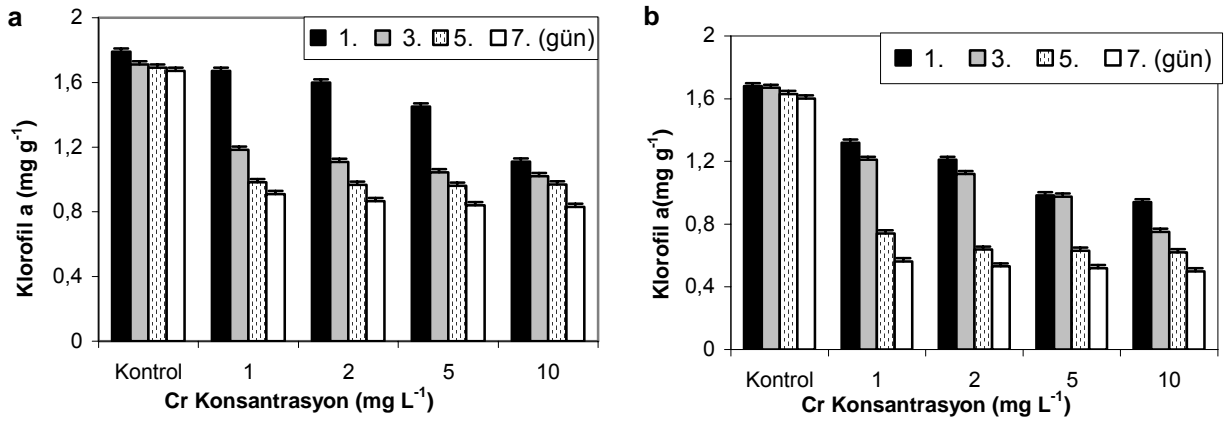
Şekil 4.22. *L. minor*'e yedi günlük Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.4.2 *L. minor*'de Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.23'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Sürenin klorofil a üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 99,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Cr konsantrasyonunun da, klorofil a üzerinde % 99,1 oranında etkili olduğu süre arttıkça



klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 98,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 97,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 96,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.24 ve Tablo 4.8).

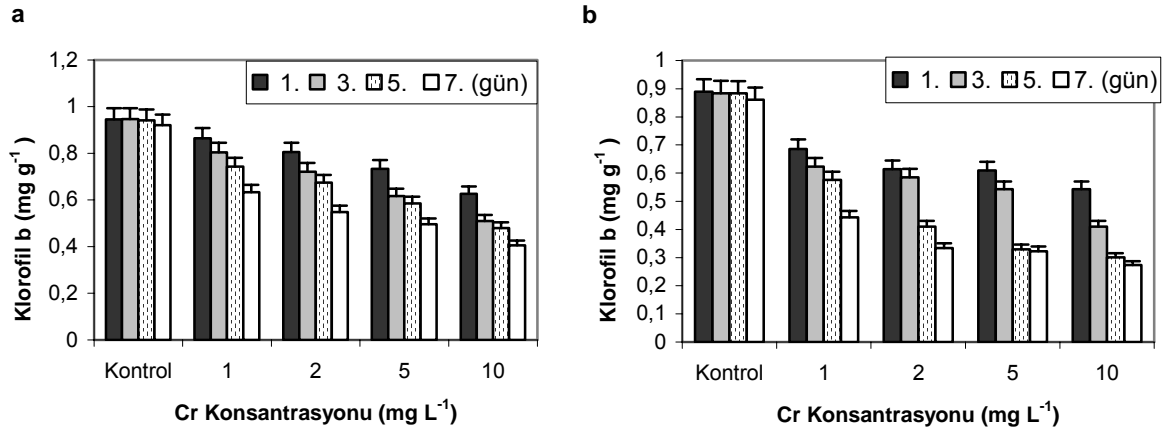


Şekil 4.23. *L. minor*'e Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.4.3 *L. minor*'de Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.24'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Şekil 4.24 ve Tablo 4.8 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cr konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,0 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında

% 74,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 75,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

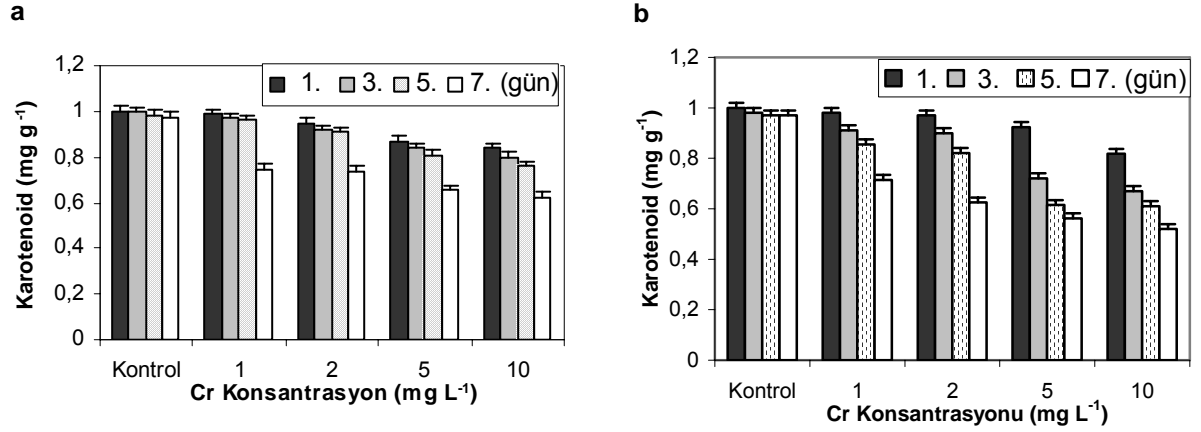


Şekil 4.24. *L. minor*'e Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.4.4. *L. minor*'de Cr Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.25'deki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Karotenoid üzerinde sürenin % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı belirlenmiştir. Cr konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cr konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 95,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 82,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 62,5 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte

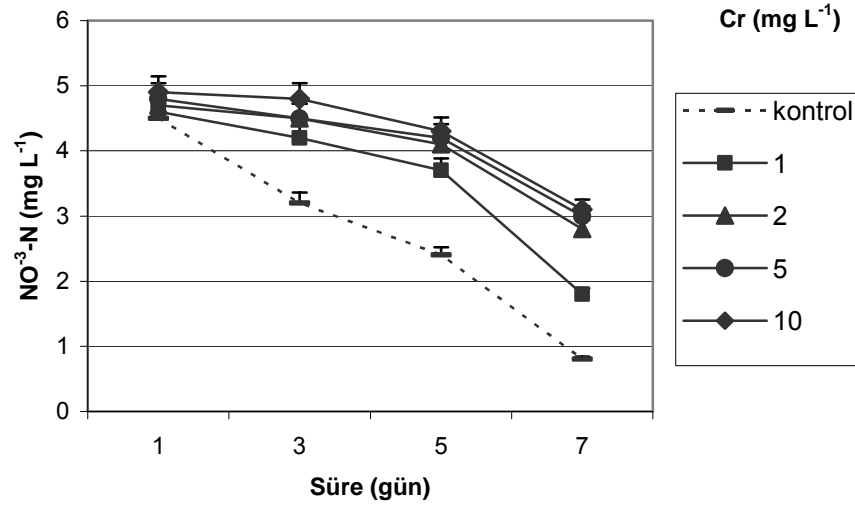
etkisine bakıldığında ise % 78,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.25 ve Tablo 4.8).



Şekil 4.25. *L. minor*'e Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.4.5 *L. minor*'de Cr Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

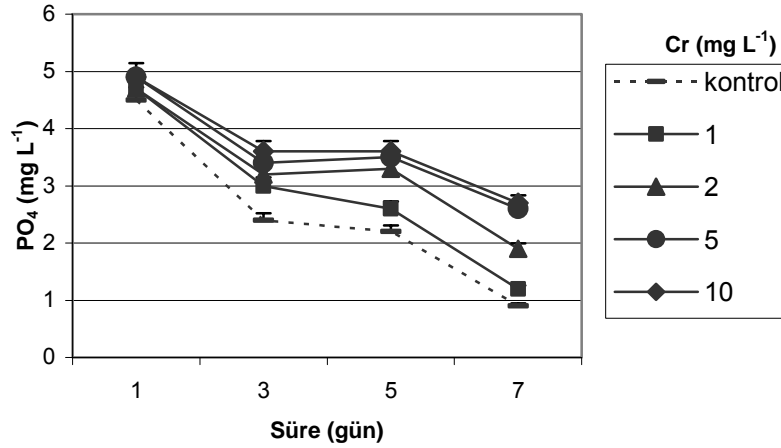
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.26'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Şekil 4.26 ve Tablo 4.8 incelendiğinde Cr konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 91,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 97,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 80,8 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.26. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.1.4.6 *L. minor*'de Cr Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

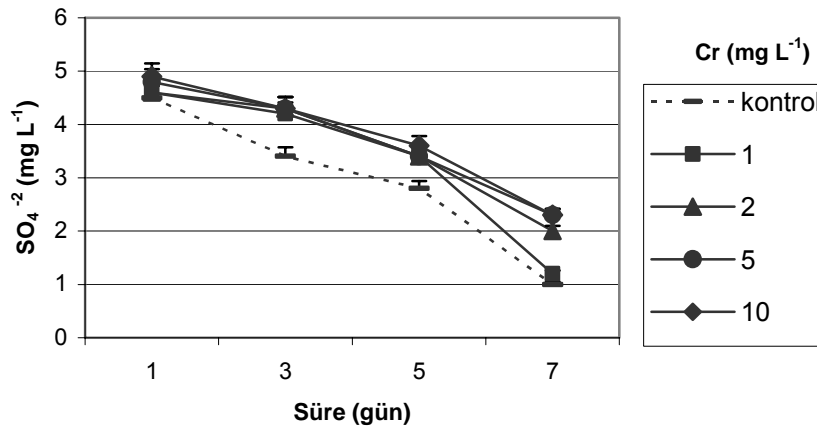
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$ , değişimleri Şekil 4.27'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Cr konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 96,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 98,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 86,3 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.27 ve Tablo 4.8).



Şekil 4.27. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $PO_4^-$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.4.7 *L. minor*'de Cr Uygulanmış Örneklerin $SO_4^{2-}$ Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $SO_4^{2-}$ , değişimleri Şekil 4.28'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Sudaki  $SO_4^{2-}$  miktarı üzerinde Pb konsantrasyonunun % 91,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $SO_4^{2-}$  miktarı üzerine % 97,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $SO_4^{2-}$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 85,6 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.28 ve Tablo 4.8).



Şekil 4.28. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $SO_4^{2-}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.8. Cr uygulanmış *L. minor* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

<b>Cr akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	1807	< 0,01	% 99,7
Besin	1	146,3	< 0,01	% 90,1
Cr x Besin	3	7,2	<0,05	% 57,6
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	2452	< 0,01	% 99,7
Besin	1	2018	< 0,01	% 99,8
Cr x Besin	3	21,2	< 0,01	% 96,4
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	16422	< 0,01	% 99,9
Cr konsantrasyonu	3	2304	< 0,01	% 99,1
Besin	1	16609	< 0,01	% 99,6
Cr x süre	9	473	< 0,01	% 98,5
Cr x besin	3	972	< 0,01	% 97,9
Süre x besin	3	56	< 0,01	% 72,8
Cr x süre x besin	9	178	< 0,01	% 96,2
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2123	< 0,01	% 99,3
Cr konsantrasyonu	3	1942	< 0,01	% 99,0
Besin	1	6534	< 0,01	% 99,0
Süre x Cr	9	34	< 0,01	%82,9
Süre x besin	3	97	< 0,01	%82,0
Cr x besin	3	60,7	< 0,01	%74,0
Süre x Cr x Besin	9	22	< 0,01	%75,8
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3166	< 0,01	% 99,3
Cr konsantrasyonu	3	1850	< 0,01	%98,9
Besin	1	1283	< 0,01	% 95,2
Cr x süre	9	33	< 0,01	%82,6
Cr x besin	3	35	< 0,05	%62,5
Süre x besin	3	219	< 0,01	%91,1
Cr x süre x besin	9	25	< 0,01	%78,0
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	275	< 0,01	%91,4
Süre	3	697	< 0,01	%97,3
Cr x Süre	9	17	< 0,01	%80,8
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	193	< 0,01	%96,8
Süre	3	2176	< 0,01	%98,2
Cr x Süre	9	27	< 0,01	%86,3
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	176	< 0,01	%91,2
Süre	3	2765	< 0,01	%97,2
Cr x süre	9	21	< 0,01	%85,6
Hata	36			

#### 4.1.5. *L. minor*'de Cd Akümülayonu

Besin eklenmiş ve besin eklenmemiş *L. minor* örneklerine yedi günlük periyot süresince farklı konsantrasyonlarda Cd uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Cd miktarları Tablo 4.9'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

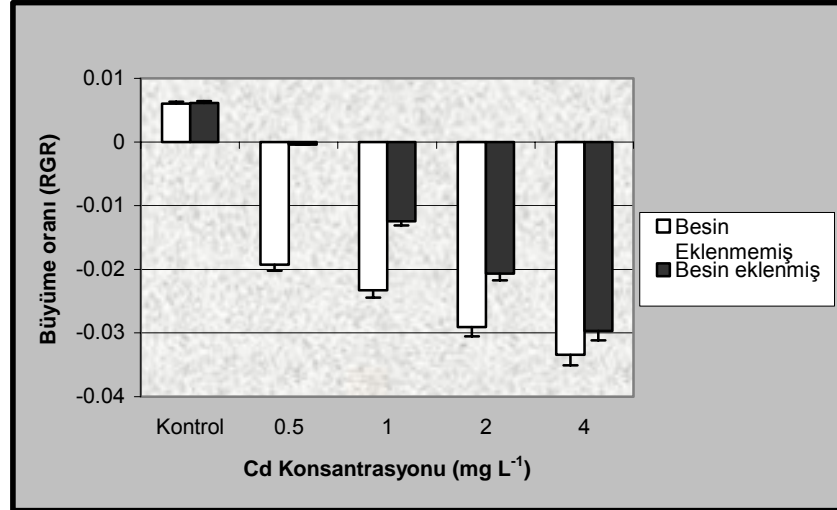
Tablo 4.9 ve Tablo 4.10 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun Cd alınımı üzerinde % 99,9 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Cd alınımı üzerine % 99,1 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cd alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 86,8 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.9. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. minor* örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

<b>Cd Konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>		<b>Besin Eklenmiş</b>			
	<b>Ort/Std hata (μg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata (μg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0,11±0,00	0,08	0,13	0,09±0,00	0,07	0,1
<b>0.5</b>	420,1±5,1	413,4	431,2	318,02±3,9	314,2	327,4
<b>1</b>	934,7±6,6	930,1	952,1	534,2±8,2	521,4	550,0
<b>2</b>	1852±17,7	1814	1875	1144±6,5	1129	1152
<b>4</b>	3342±11,5	3321	3361	2146±68,3	2114	2333

#### 4.1.5.1. *L. minor*'de Cd Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.29'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Cd konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.29 ve Tablo 4.10).



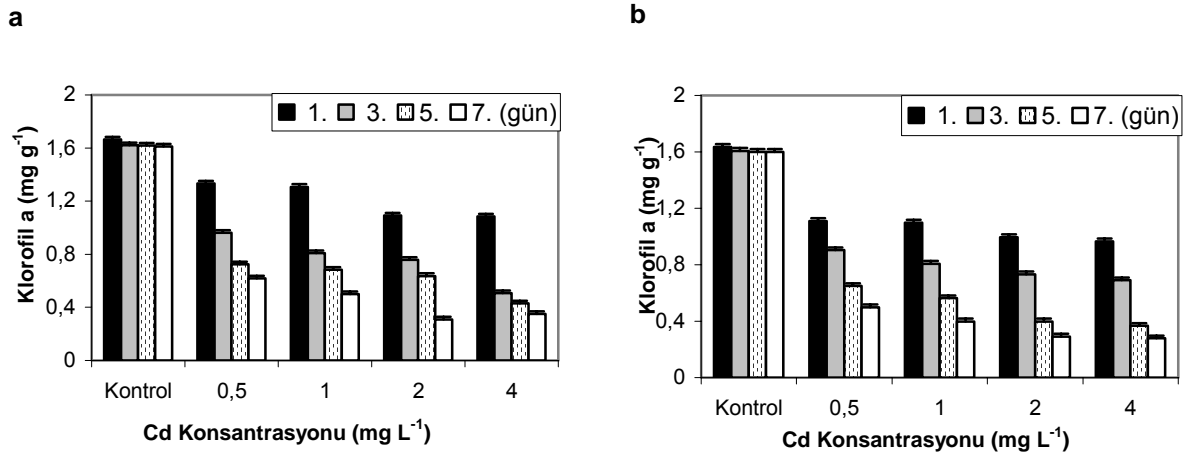
Şekil 4.29. *L. minor*'e yedi günlük Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.5.2 *L. minor*'de Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.30'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Klorofil a üzerinde Cd konsantrasyonunun % 68,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de, klorofil a üzerinde % 32,4 ( $p<0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Sürenin de klorofil a üzerinde % 92,2 oranında etkili olduğu süre



artıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 24,8 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 12,0 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 29 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 13 oranında ( $p>0,05$ ) önemli olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.30 ve Tablo 4.10).

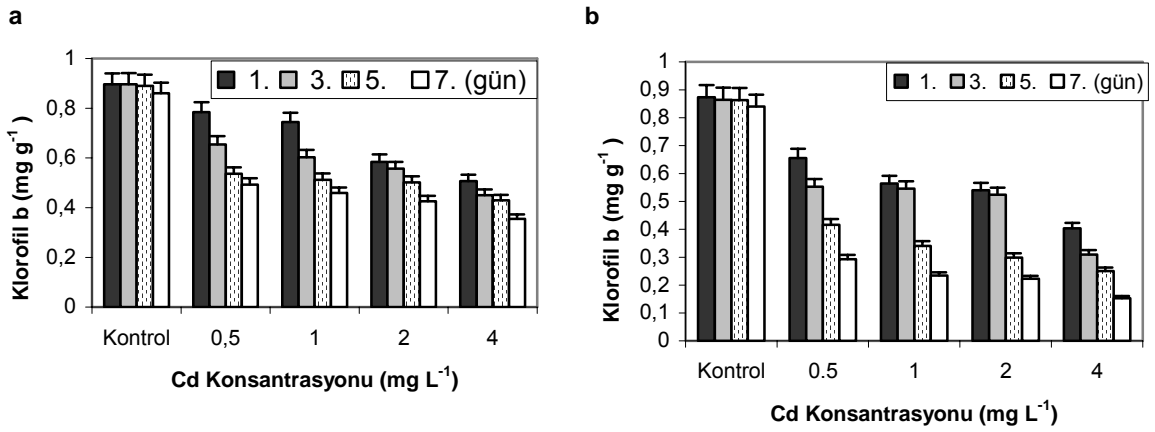


Şekil 4.30. *L. minor*'e Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a)besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.5.3 *L. minor*'de Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.31'deki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Şekil 4.31 ve Tablo 4.10 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 99,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cd konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 98,7 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu

görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 47,9 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 79,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

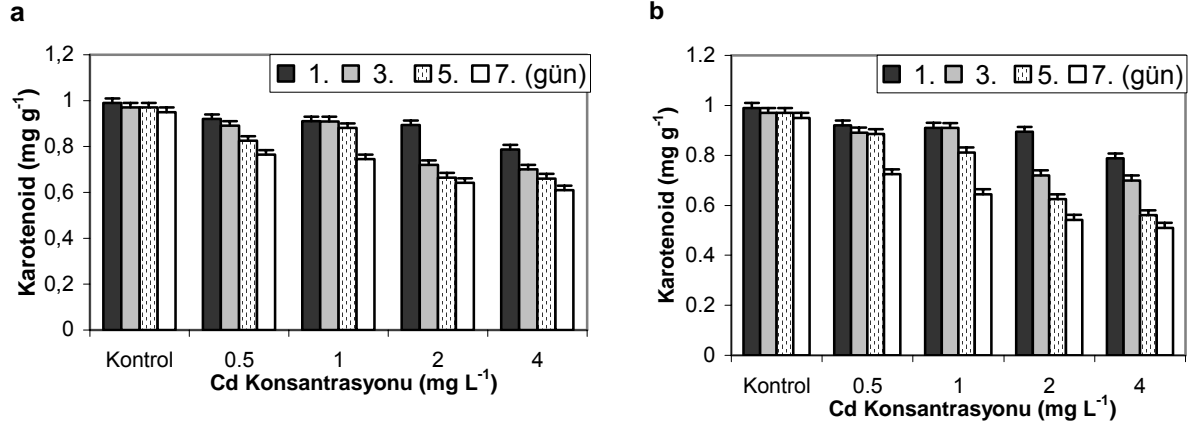


Şekil 4.31. *L. minor*'e Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.5.4 *L. minor*'de Cd Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.32'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Cd konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cd konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de, karotenoid üzerinde % 77,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 93,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 62,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin

eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 82,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 70,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.31 ve Tablo 4.10).

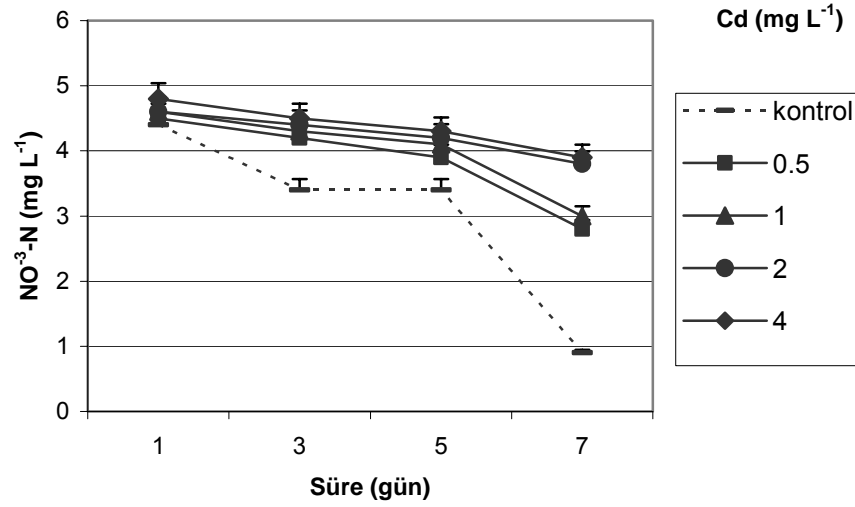


Şekil 4.32. *L. minor*'e Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.5.5 *L. minor*'de Cd Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.33'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Şekil 4.33 ve Tablo 4.10 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 93,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 97,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 81,3 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

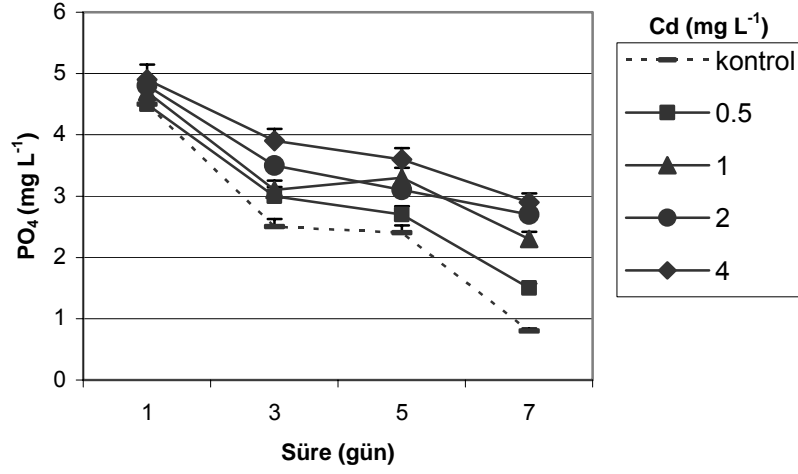


Şekil 4.33. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.5.6. *L. minor*'de Cd Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.34'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Cd konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 96,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 98,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,4 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.34 ve Tablo 4.10).

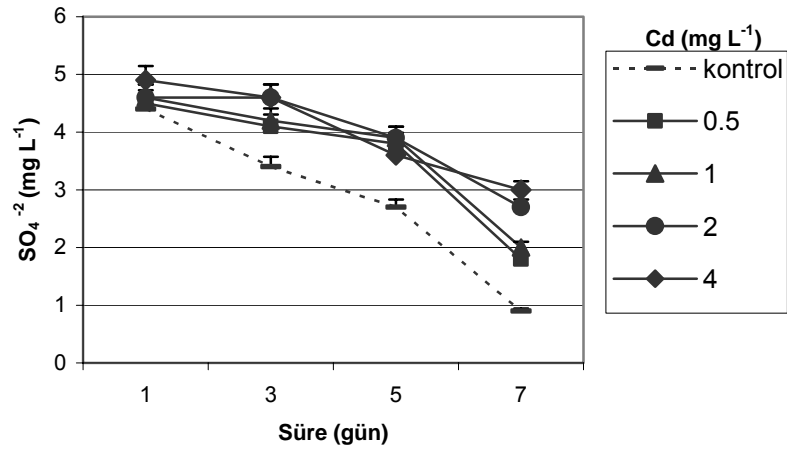


Şekil 4.34. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.5.7. *L. minor*'de Cd Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.35'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Şekil 4.35 ve Tablo 4.10 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 97,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 98,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 84,9 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.35. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.10. Cd uygulanmış *L. minor* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

<b>Cd akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	7202,1	< 0,01	% 99,9
Besin	1	1810,9	< 0,01	% 99,1
Cd x Besin	3	34,9	<0,01	% 86,8
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	2978	< 0,01	% 99,9
Besin	1	2677	< 0,01	% 99,8
Cd x Besin	3	178	< 0,01	% 99,1
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	253,7	< 0,01	% 92,2
Cd konsantrasyonu	3	46,6	< 0,01	%68,6
Besin	1	30,6	<0,05	% 32,4
Cd x süre	9	2,34	<0,05	%24,8
Cd x besin	3	3,09	<0,05	%12
Süre x besin	3	8,7	<0,05	%29
Cd x süre x besin	9	1,14	>0,05	%13
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3424	< 0,01	% 99,4
Cd konsantrasyonu	3	1566	< 0,01	% 98,7
Besin	1	4959	< 0,01	% 98,7
Süre x Cd	9	71,8	< 0,01	%91,0
Süre x besin	3	190,6	< 0,01	%89,9
Cd x besin	3	19,6	< 0,05	%47,9
Süre x Cd x Besin	9	28	< 0,01	%79,9
Hata	64		<b>Sig.</b>	
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2346	< 0,01	% 99,1
Cd konsantrasyonu	3	2088	< 0,01	%99,0
Besin	1	225	< 0,01	% 77,9
Cd x süre	9	109	< 0,01	%93,9
Cd x besin	3	36	< 0,01	%62,9
Süre x besin	3	97	< 0,01	%82,1
Cd x süre x besin	9	16	< 0,01	%70,0
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	456	< 0,01	%93,9
Süre	3	687	< 0,01	%97,2
Cd x Süre	9	24	< 0,01	%81,3
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	194	< 0,01	%96,1
Süre	3	2764	< 0,01	%98,2
Cd x Süre	9	31	< 0,01	%89,4
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	345	< 0,01	%97,1
Süre	3	2518	< 0,01	%98,2
Cd x süre	9	34	< 0,01	%84,9
Hata	36			

#### 4.1.6. *L. minor*'de Zn Akümülayonu

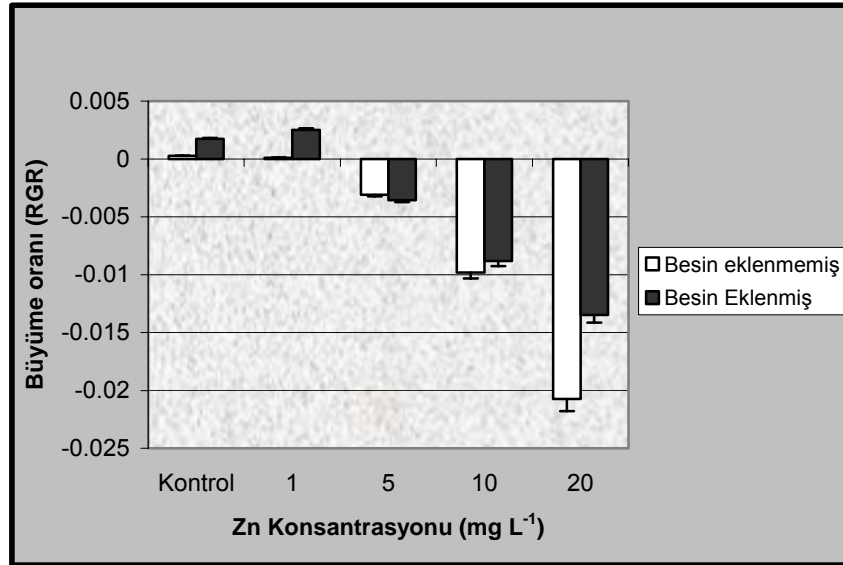
Besin eklenmiş ve besin eklenmemiş *L. minor* örneklerine yedi günlük periyot süresince farklı konsantrasyonlarda Zn uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Zn miktarları ve standart hata değerleri Tablo 4.11'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.12'de gösterilmiştir. Tablo 4.11 ve Tablo 4.12. incelendiğinde Zn konsantrasyonunun Zn alınımı üzerinde % 99,8 (p<0,01) oranında etkiliği olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Zn alınımı üzerine % 95,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Zn alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 55,3 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.11. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. minor* örneklerindeki Zn miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Zn Konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>		
	<b>Ort/Std (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>hata</b>		<b>Ort/Std (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>hata</b>	
		<b>Min</b>	<b>Maks</b>		<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0,08±0,00	0,04	0,15	0,06±0,00	0,04	0,09
<b>1</b>	241,3±13	214,5	262,7	152,4±6	144	165
<b>5</b>	671,50±11	652,40	693,80	452±9,6	432	465
<b>10</b>	1175±8	1163	1191	869±8,7	845	874
<b>20</b>	1941±6,2	1930	1952	1574±15,4	1532	1582

#### 4.1.6.1. *L. minor*'de Zn Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.36'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.12'de gösterilmiştir. Zn konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 98,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 98,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.



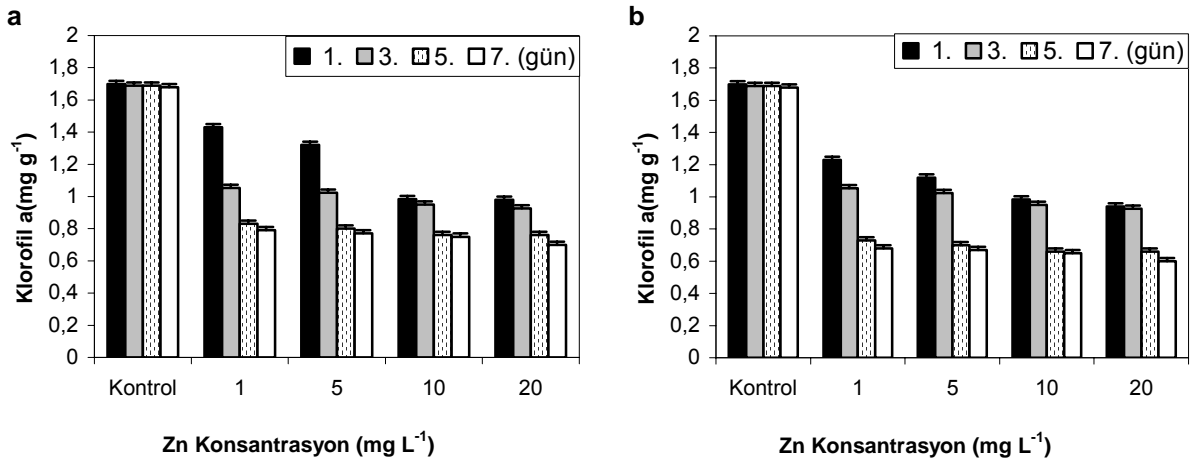
Şekil 4.36. *L. minor*'e Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde 7. günün sonundaki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.6.2. *L. minor*'de Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.37'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.12'de gösterilmiştir. Sürenin klorofil a üzerinde % 97,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 89,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 91,1 oranında etkili



olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 82,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 60,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 62,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 52,5 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.37 ve Tablo 4.12).

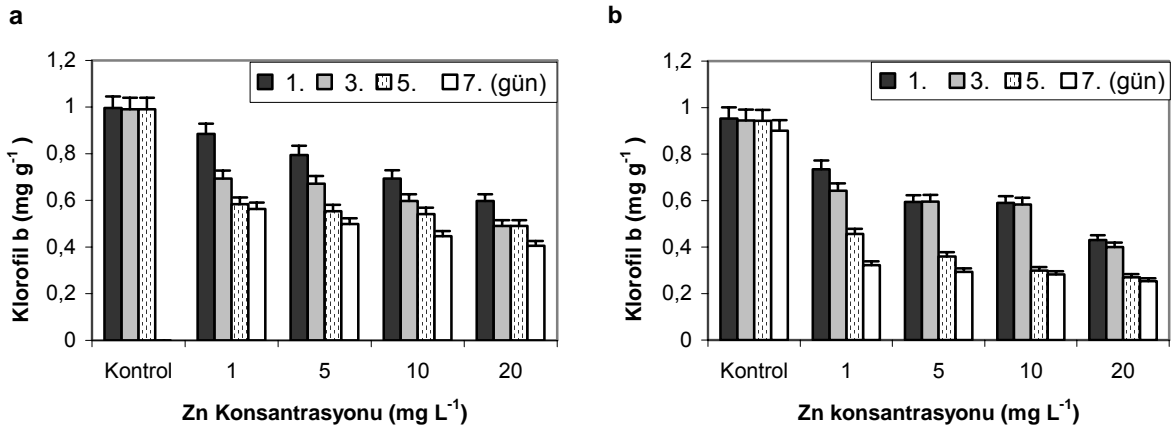


Şekil 4.37. *L. minor*'e Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.6.3. *L. minor*'de Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.38'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.12'de gösterilmiştir. Şekil 4.38 ve Tablo 4.12 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 99,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 98,7 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve

sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 47,9 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 79,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

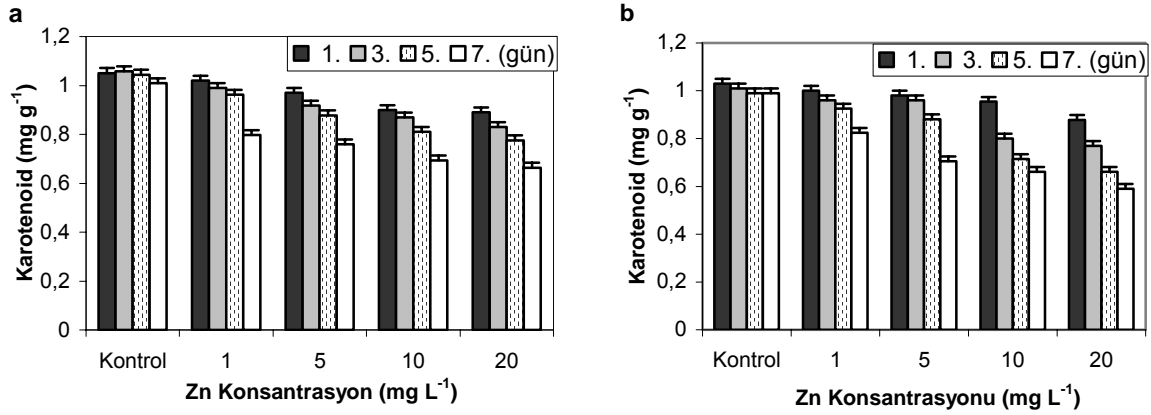


Şekil 4.38. *L. minor*'e Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.6.5. *L. minor*'de Zn Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.39'da gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Zn konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Zn konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 77,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 81,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 70,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 68,0 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 78,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.39 ve Tablo 4.12).

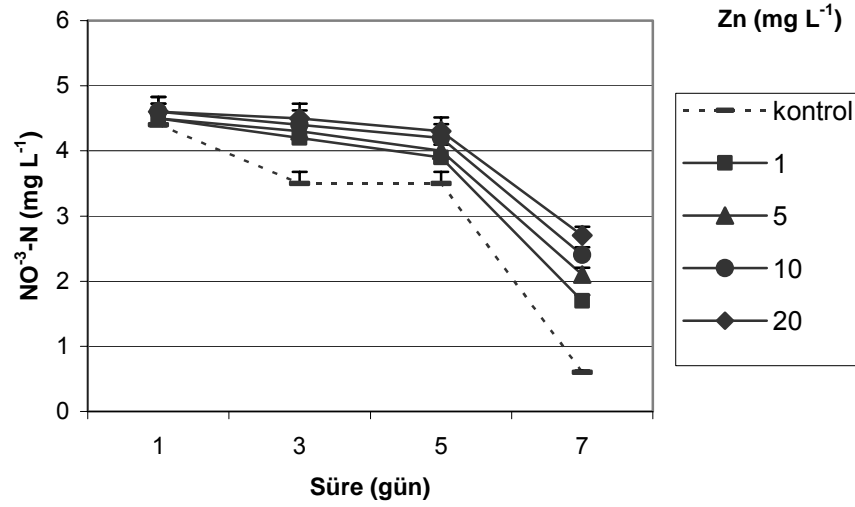


Şekil 4.39. *L. minor*'e Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.6.5 *L. minor*'de Zn Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.40'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

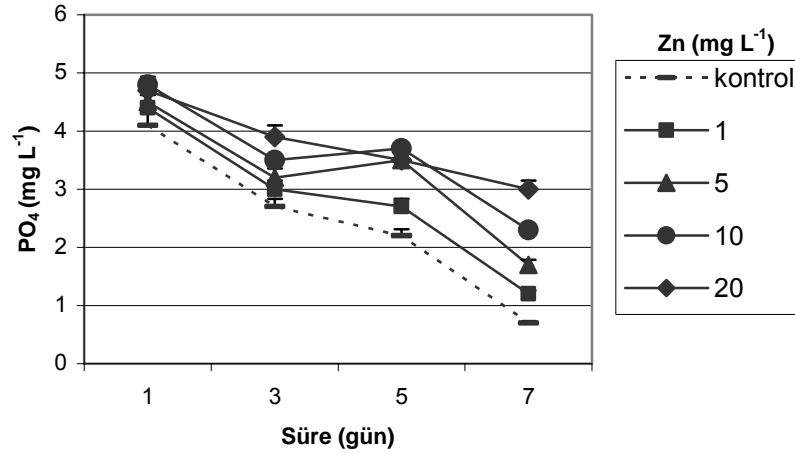
Zn konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 98,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 83,4 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.40 ve Tablo 4.12).



Şekil 4.40. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.1.6.6 *L. minor*'de Zn Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.41'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.12'de gösterilmiştir. Şekil 4.41 ve Tablo 4.12 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 96,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de, sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,1 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

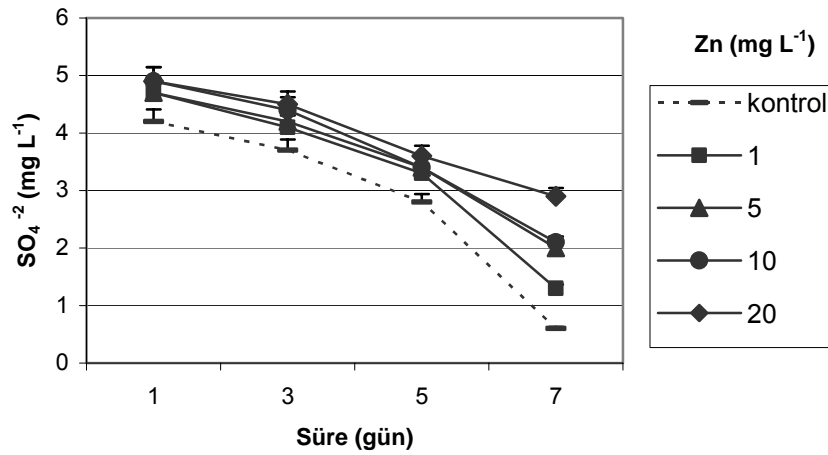


Şekil 4.41. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $PO_4^-$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.6.8 *L. minor*'de Zn Uygulanmış Örneklerin $SO_4^{2-}$ Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $SO_4^{2-}$  değişimleri Şekil 4.42'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

Zn konsantrasyonunun sudaki  $SO_4^{2-}$  miktarı üzerinde % 94,2 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $SO_4^{2-}$  miktarı üzerine % 99,6 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $SO_4^{2-}$  miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,5 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.42 ve Tablo 4.12).



Şekil 4.42. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $SO_4^{2-}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.12. Zn uygulanmış *L. minor* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

<b>Zn akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	2382,5	< 0,01	% 99,8
Besin	1	311,4	< 0,01	% 95,1
Zn x Besin	3	6,59	<0,05	% 55,3
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	9736	< 0,01	% 99,9
Besin	1	905,5	< 0,01	% 98,3
Zn x Besin	3	469,2	< 0,01	% 98,9
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	761	< 0,01	% 97,3
Zn konsantrasyonu	3	219	< 0,01	% 91,1
Besin	1	549	<0,01	% 89,6
Zn x süre	9	32,6	<0,01	% 82,1
Zn x besin	3	32,0	<0,01	% 60
Süre x besin	3	35,7	<0,01	% 62,6
Zn x süre x besin	9	7,8	<0,01	% 52,5
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3984	< 0,01	% 99,4
Zn konsantrasyonu	3	1571	< 0,01	% 98,7
Besin	1	5400	< 0,01	% 98,7
Süre x Zn	9	91,5	< 0,01	%91,0
Süre x besin	3	248	< 0,01	%89,9
Zn x besin	3	13	< 0,05	%47,9
Süre x Zn x Besin	9	30	< 0,01	%79,9
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3984	< 0,01	% 99,2
Zn konsantrasyonu	3	1571	< 0,01	%98,6
Besin	1	5400	< 0,01	% 77,1
Zn x süre	9	91,5	< 0,01	%81,3
Zn x besin	3	248	< 0,01	%70,0
Süre x besin	3	13	< 0,05	%68,0
Zn x süre x besin	9	30	< 0,01	%78,7
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	423	< 0,01	%98,2
Süre	3	867	< 0,01	%98,9
Zn x Süre	9	24	< 0,01	%83,4
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	312	< 0,01	%96,1
Süre	3	2978	< 0,01	%99,3
Zn x Süre	9	32	< 0,01	%89,1
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	167	< 0,01	%94,2
Süre	3	2965	< 0,01	%99,6
Zn x süre	9	31	< 0,01	%88,5
Hata	36			

#### 4.1.7. *L. minor*'de Cu Akümülyasyonu

Besin eklenmiş ve besin eklenmemiş *L. minor* örneklerine yedi günlük periyot süresince farklı konsantrasyonlarda Cu uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Cu miktarları Tablo 4.13'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.14'de gösterilmiştir.

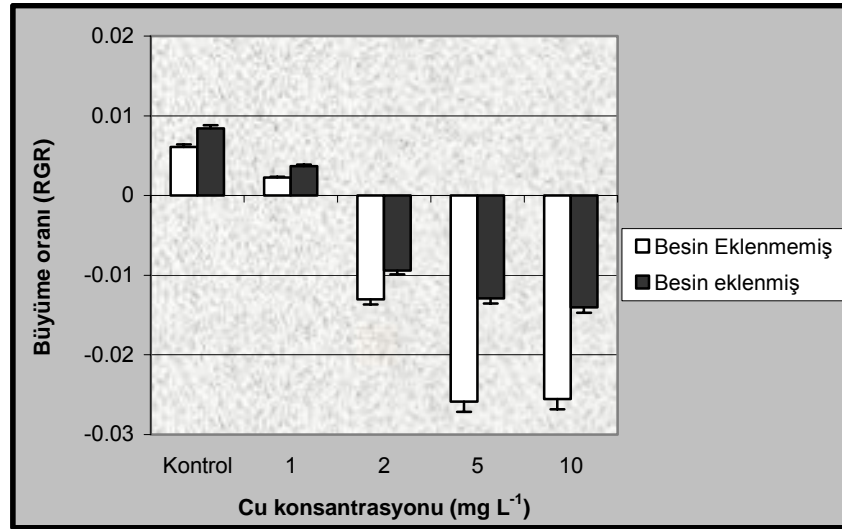
Tablo 4.13 ve Tablo 4.14. incelendiğinde Cu konsantrasyonunun Cu alınımı üzerinde % 99,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Cu alınımı üzerine % 95,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cu alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 54,4 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.13. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. minor* örneklerindeki Cu miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Cu</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>		
	<b>Konsantrasyonu</b>	<b>Ort/Std</b>	<b>hata</b>	<b>Ort/Std</b>	<b>hata</b>	
<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>(<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0.06±0.00	0.04	0.09	0.05±0.00	0.03	0.07
<b>1</b>	112.4±3.9	107.8	121.4	79.2±3.6	71.4	84.1
<b>2</b>	312.4±4.3	305.2	320.1	250.4±4.5	241.5	257.1
<b>5</b>	948±14.9	912	962	714±8.2	701	729
<b>10</b>	2020±3.7	2014	2027	1352±18.4	1310	1372

#### 4.1.7.1. *L. minor*'de Cu Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.43'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.14'de gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.43 ve Tablo 4.14).



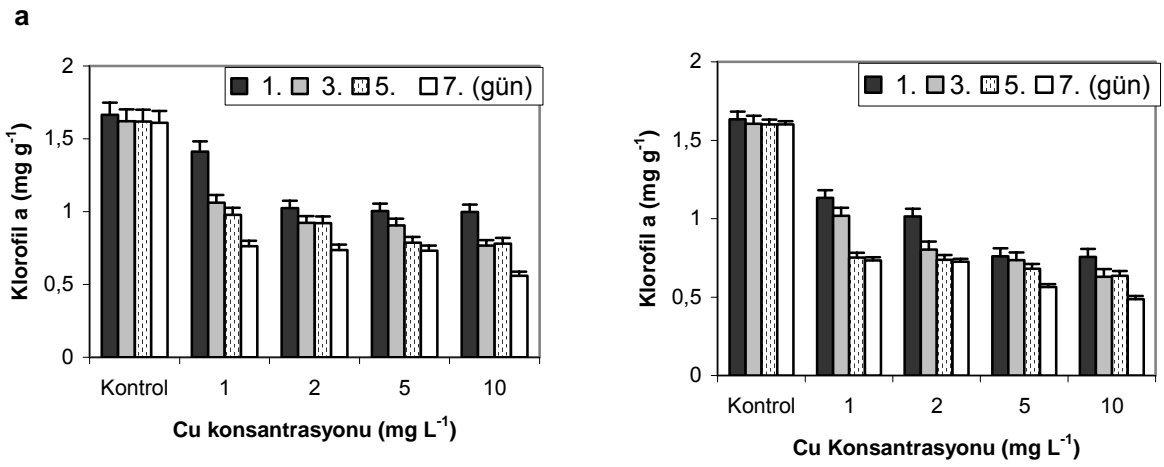
Şekil 4.43. *L. minor*'e yedi günlük Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.7.2. *L. minor*'de Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.44'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.14'de gösterilmiştir. Şekil 4.43 ve Tablo 4.14 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de, klorofil a üzerinde % 93,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 98,2 oranında



etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 59,6 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 43,3 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 79,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

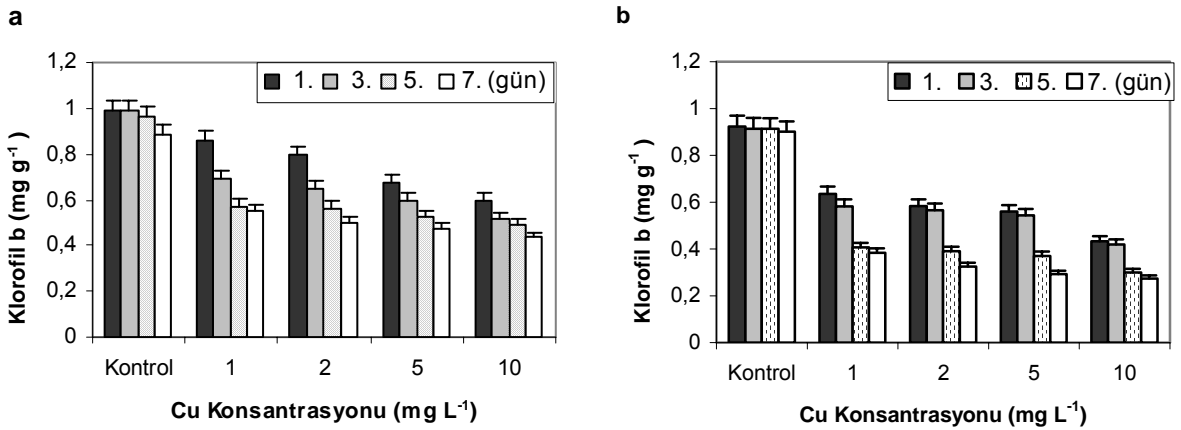


Şekil 4.44. *L. minor*'e Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.7.3. *L. minor*'de Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.45'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.14'de gösterilmiştir. Şekil 4.45 ve Tablo 4.14 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 97,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu

gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 44,7 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 84,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 60,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

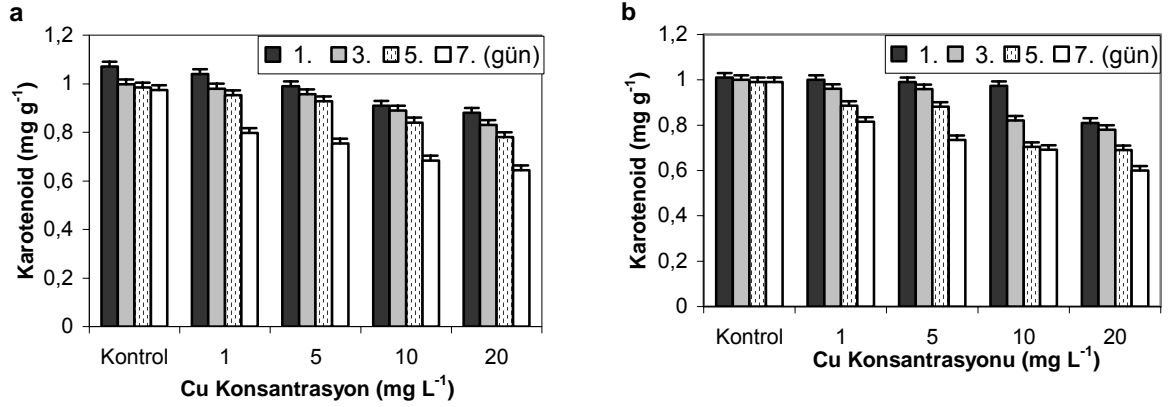


Şekil 4.45. *L. minor*'e Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.7.4. *L. minor*'de Cu Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.46'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.14'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cu konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cu konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 81,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 76,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 57,9 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 74,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

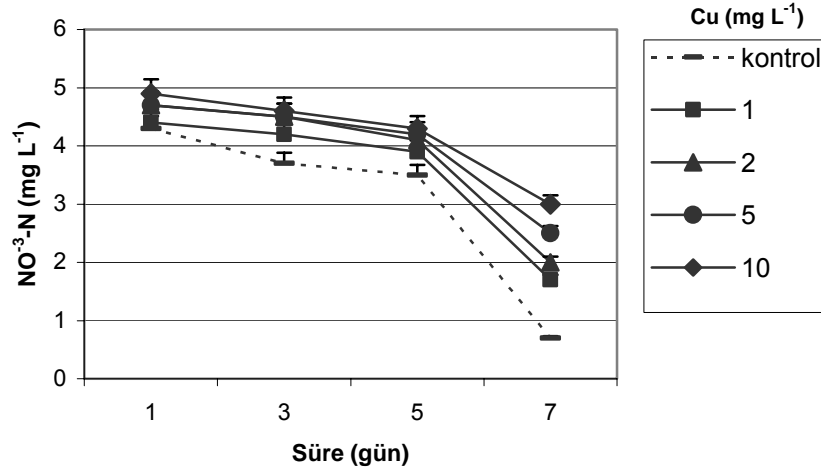
Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 74,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.46 ve Tablo 4.14).



Şekil 4.46. *L. minor*'e Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.1.7.5 *L. minor*'de Cu Uygulanmış Örneklerin NO<sup>-3</sup>-N Değişimleri

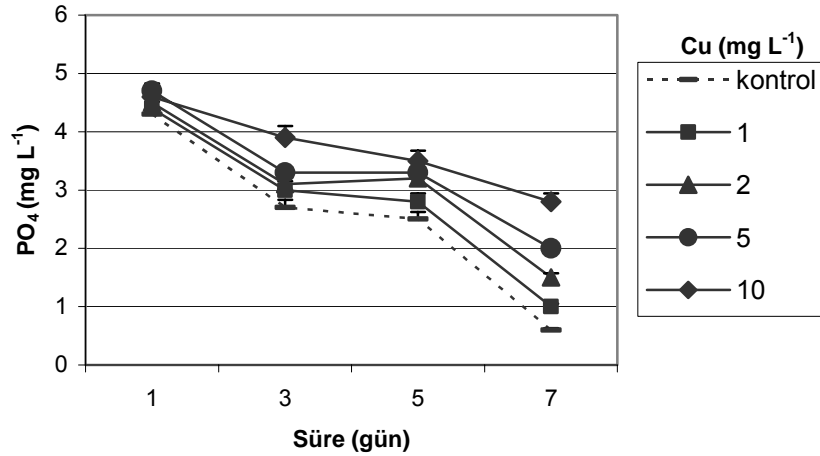
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>-3</sup>-N değişimleri Şekil 4.47'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.14'de gösterilmiştir. Şekil 4.47 ve tablo 4.14 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerinde % 98,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerine % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 87,1 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.47. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.1.7.6 *L. minor*'de Cu Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

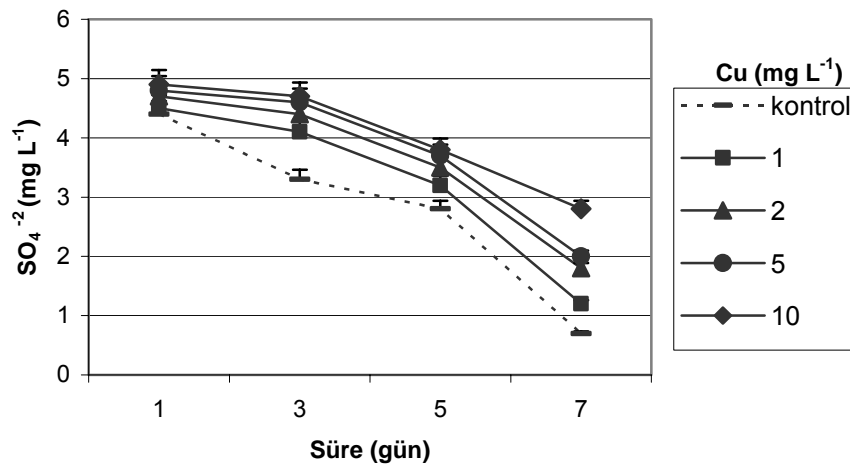
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.48'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.14'de gösterilmiştir. Şekil 4.48 ve Tablo 4.14 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 94,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 86,8 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.48. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.1.7.7 *L. minor*'de Cu Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.49'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.14'de gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 93,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 98,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,4 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.49 ve Tablo 4.14).



Şekil 4.49. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.14. Cu uygulanmış *L. minor* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

<b>Cu akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	5472	< 0,01	% 99,9
Besin	1	358,1	< 0,01	% 95,7
Cu x Besin	3	6,3	<0,05	% 54,4
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	7530	< 0,01	% 99,9
Besin	1	3643	< 0,01	% 99,6
Cu x Besin	3	526	< 0,01	% 99,0
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2412	< 0,01	% 99,1
Cu konsantrasyonu	3	1137	< 0,01	% 98,2
Besin	1	925	<0,01	% 93,5
Cu x süre	9	19	<0,01	%72,8
Cu x besin	3	31,4	<0,05	%59,6
Süre x besin	3	16,2	<0,05	%43,3
Cu x süre x besin	9	27,2	<0,01	%79,3
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2842	< 0,01	% 99,3
Cu konsantrasyonu	3	1001	< 0,01	% 97,9
Besin	1	5581	< 0,01	% 98,9
Süre x Cu	9	52,7	< 0,01	%88,1
Süre x besin	3	114	< 0,01	%84,2
Cu x besin	3	17	< 0,05	%44,7
Süre x Cu x Besin	9	60,9	< 0,01	%60,9
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2159	< 0,01	% 99,0
Cu konsantrasyonu	3	1332	< 0,01	%98,4
Besin	1	284	< 0,01	% 81,6
Cu x süre	9	22	< 0,01	%76,3
Cu x besin	3	29	< 0,05	%57,9
Süre x besin	3	62	< 0,01	%74,6
Cu x süre x besin	9	20	< 0,01	%74,4
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	786	< 0,01	%98,1
Süre	3	1836	< 0,01	%99,2
Cu x Süre	9	45	< 0,01	%87,1
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	179	< 0,01	%94,2
Süre	3	2134	< 0,01	%98,8
Cu x Süre	9	39	< 0,01	%86,8
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	154	< 0,01	%93,7
Süre	3	2874	< 0,01	%98,8
Cu x süre	9	35	< 0,01	%88,4
Hata	36			

## 4.2. *Lemna gibba*

### 4.2.1. *L. gibba*'da Pb Akümülayonu

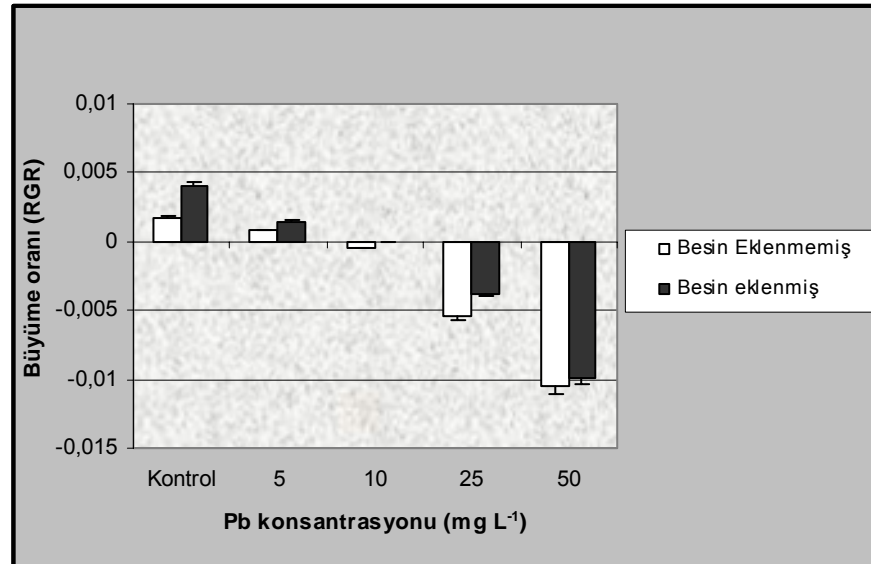
*L. gibba*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Pb uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Pb miktarları Tablo 4.15'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.16'da gösterilmiştir. Tablo 4.15 ve Tablo 4.16 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun Pb alınımı üzerinde % 97,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu, konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Pb alınımı üzerine % 71,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Pb alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 55,6 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.15. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. gibba* örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Pb</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>			
	<b>Konsantrasyonu</b> <b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ort/Std</b> <b>hata (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata</b> <b>(<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>		0,5±0,04	0,44	0,60	0,25±0,09	0,16	0,47
<b>5</b>		1036±32,1	996,9	1100	764±8,2	749	777
<b>10</b>		1773±53	1680	1863	1188±37,4	1113	1229
<b>25</b>		4334±16,4	4305	4362	1376±37,0	1307	1434
<b>50</b>		22596±136	22338	22800	11250±211	10857	11583

#### 4.2.1.1. *L. gibba*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.50'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.16'da gösterilmiştir. Pb konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı Tablo 4.16'da gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 85,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 62,7 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.50 ve Tablo 4.16).



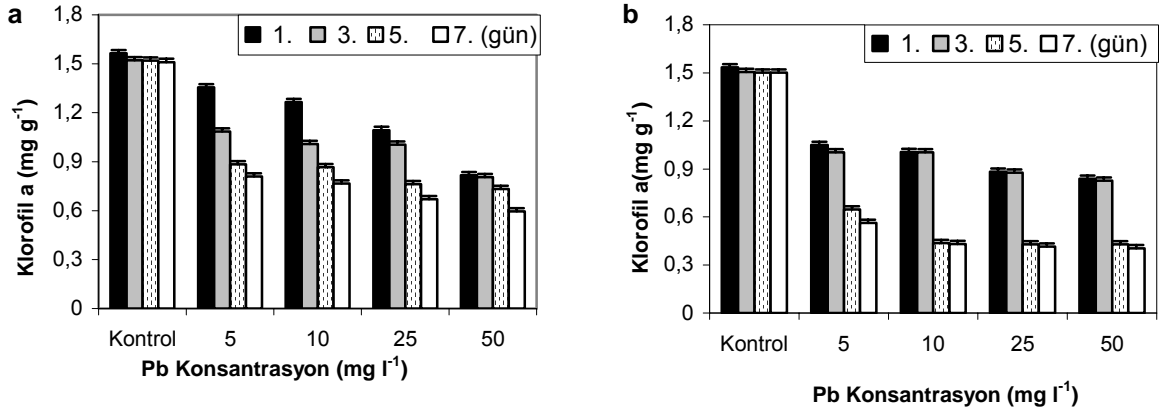
Şekil 4.50. *L. gibba*'da yedi günlük Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.1.2. *L. gibba*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.16'da gösterilmiştir. Şekil 4.51 ve Tablo 4.16 incelendiğinde klorofil a üzerinde sürenin % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun klorofil a üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında



etkili olduğu. Pb konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 96,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 93,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 97,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 94,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

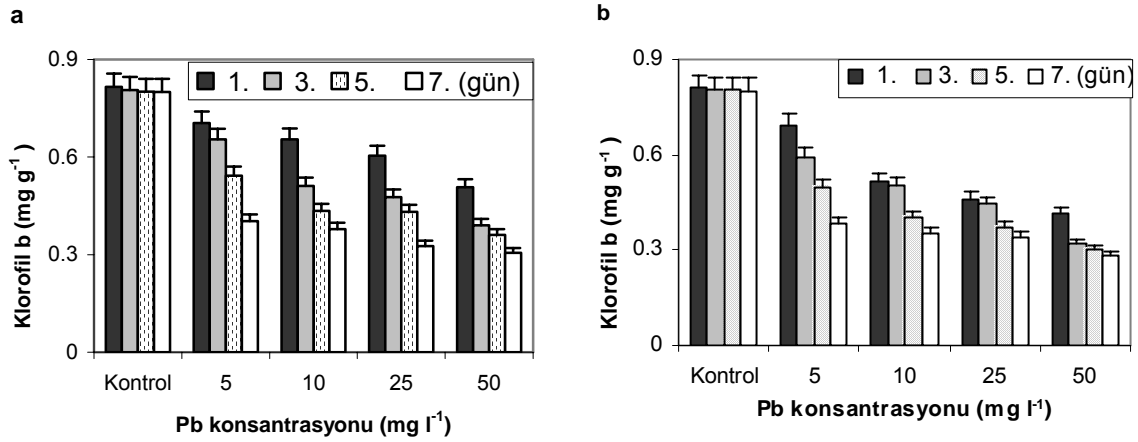


Şekil 4.51. *L. gibba*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.1.3. *L. gibba*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.52'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.16'da gösterilmiştir. Şekil 4.52 ve Tablo 4.16 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 89,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Pb konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 98,4 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve

sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 80,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 52,6 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 60,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 67,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

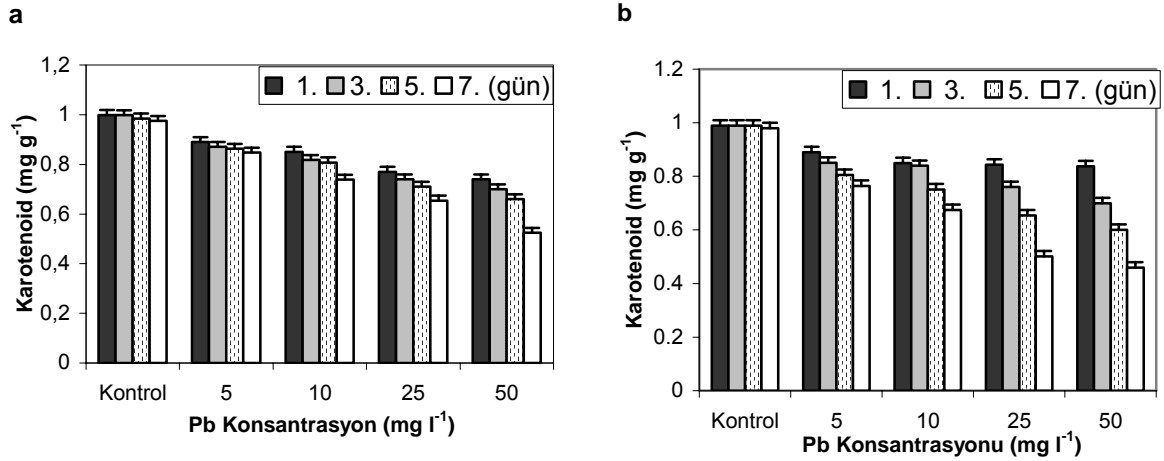


Şekil 4.52. *L. gibba*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.1.4. *L. gibba*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.53'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.16'da gösterilmiştir. Karotenoid üzerinde sürenin % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Pb konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Pb konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 60,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 89,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 36,6 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin

eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 92,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 74,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

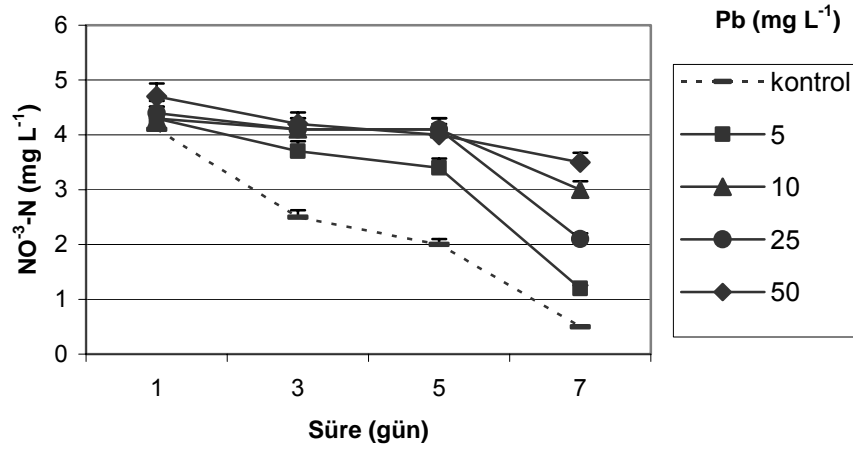


Şekil 4.53. *L. gibba*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.1.5. *L. gibba*'da Pb Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.54, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

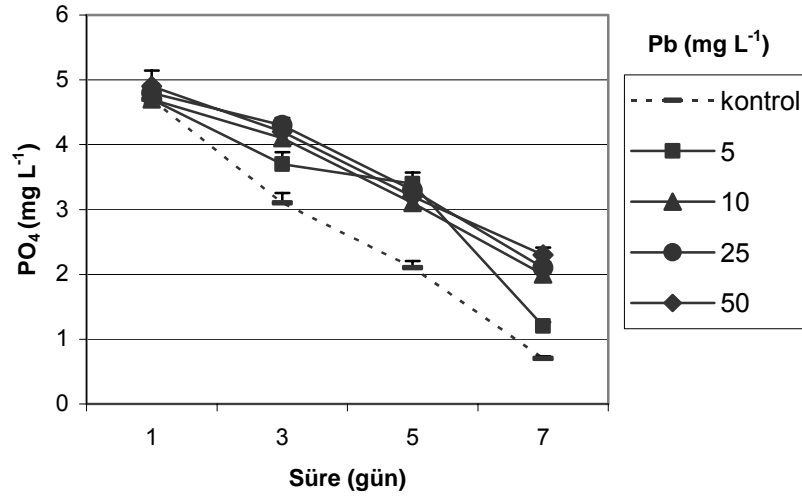
Pb konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 98,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 96,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 78,3 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.54 ve Tablo 4.16).



Şekil 4.54. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.2.1.6. *L. gibba*'da Pb Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

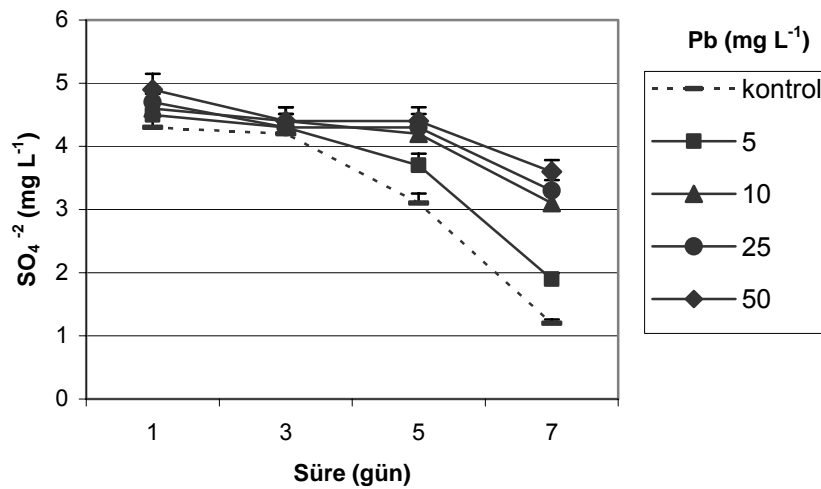
Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.55'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.16'da gösterilmiştir. Şekil 4.55 ve Tablo 4.16 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 97,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 98,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 87,1 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.55. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.1.7. *L. gibba*'da Pb Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

yedi günlük Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.56'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.16'da gösterilmiştir. Sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Pb konsantrasyonunun % 96,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 98,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,3 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.56 ve Tablo 4.16).



Şekil 4.56. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.16. Pb uygulanmış *L. gibba* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Pb akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	244,8	< 0,01	%97,9
Besin	1	39,9	< 0,01	%71,4
Pb x Besin	3	6,6	<0,05	%55,6
Hata	20			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	4523	< 0,01	% 98,7
Besin	1	325,6	< 0,01	% 85,1
Pb x Besin	3	7,8	< 0,05	% 62,7
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	8949	< 0,01	% 99,8
Pb konsantrasyonu	3	3667	< 0,01	%99,3
Besin	1	7021	< 0,01	% 99,3
Pb x süre	9	204	< 0,01	%96,2
Pb x besin	3	333	< 0,01	%93,3
Süre x besin	3	748	< 0,01	%97,9
Pb x süre x besin	9	136	< 0,01	%94,5
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1768	< 0,01	% 98,8
Pb konsantrasyonu	3	1334	< 0,01	% 98,4
Besin	1	527	< 0,01	%89,2
Süre x Pb	9	28	< 0,01	%80,0
Süre x besin	3	32	< 0,05	%60,2
Pb x besin	3	23	< 0,05	%52,6
Süre x Pb x Besin	9	14	< 0,01	%67,4
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1704	< 0,01	% 99,1
Pb konsantrasyonu	3	1204	< 0,01	%98,0
Besin	1	72	< 0,01	% 60,0
Pb x süre	9	65	< 0,01	%89,1
Pb x besin	3	13	< 0,05	%36,6
Süre x besin	3	202	< 0,01	%92,7
Pb x süre x besin	9	23	< 0,01	%74,4
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	512	< 0,01	%98,5
Süre	3	1034	< 0,01	%96,2
Pb x Süre	9	78	< 0,01	%78,3
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	734	< 0,01	%97,1
Süre	3	2315	< 0,01	%98,7
Pb x Süre	9	85	< 0,01	%87,1
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>Sig</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	645	< 0,01	%96,2
Süre	3	945	< 0,01	%98,7
Pb x süre	9	61	< 0,01	%88,3
Hata	36			

#### 4.2.2. *L. gibba*'da Ni Akümülyasyonu

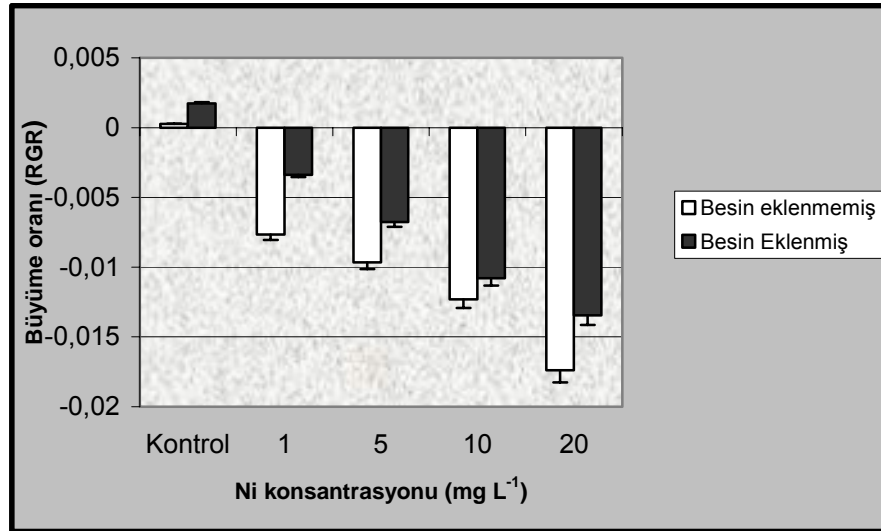
*L. gibba*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Ni uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Ni miktarları Tablo 4.17'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.18'de gösterilmiştir. Tablo 4.17 ve Tablo 4.18 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun Ni alınımı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Ni alınımı üzerine %99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Ni alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,3 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.17. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. gibba* örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Ni Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,34±0,01	0,31	0,35	0,27±0,02	0,19	0,35
<b>1</b>	226,1±3,0	220,1	230	186,7±2,1	183,2	190,2
<b>5</b>	877,2±1,8	874,4	880,5	685,2±2,8	680	690
<b>10</b>	1550±8,5	1540	1567	1440±7,1	1428	1453
<b>20</b>	2899±7,1	2887	2912	2383±4,1	2376	2390

#### 4.2.2.1 *L. gibba*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.57'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.18'de gösterilmiştir. Ni konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 97,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir ( Şekil 4.57 ve Tablo 4.18).



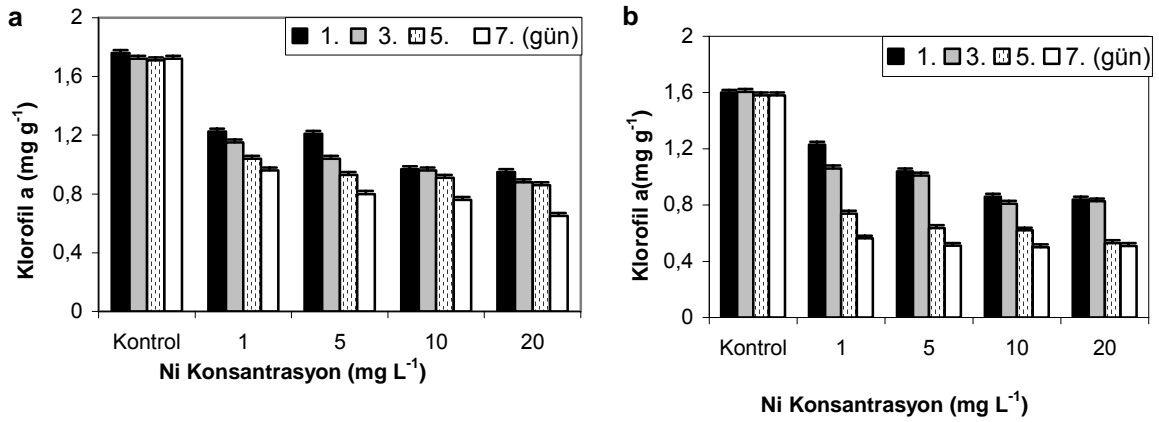
Şekil 4.57. *L. gibba*'da yedi günlük Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.2.2 *L. gibba*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerin 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.58'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.18'de gösterilmiştir. Şekil 4.58 ve Tablo 4.18 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 99,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ni konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,0 oranında



etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 93,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 81,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 88,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

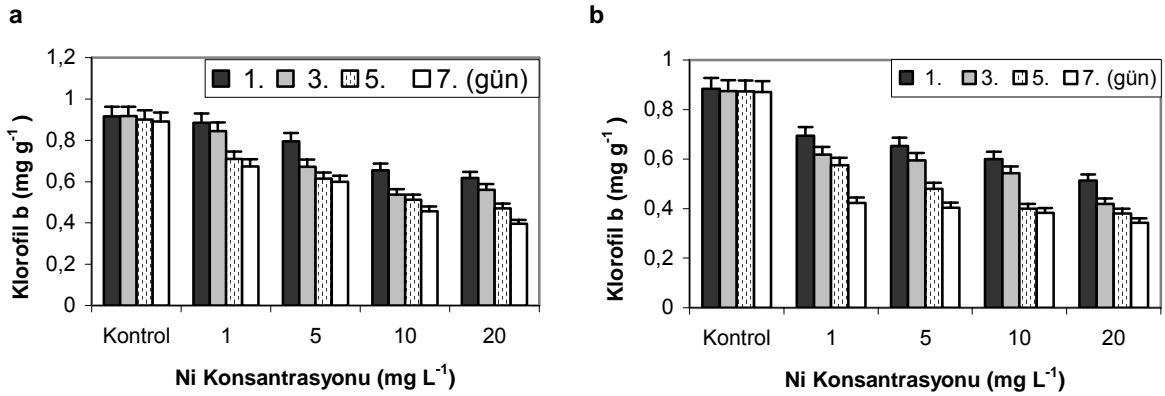


Şekil 4.58. *L. gibba*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.2.3 *L. gibba*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerin 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.59'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.18'de gösterilmiştir. Sürenin klorofil b üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 98,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ni konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,0 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 67,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 90,5 oranında

( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 47,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 84,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.59 ve Tablo 4.18).

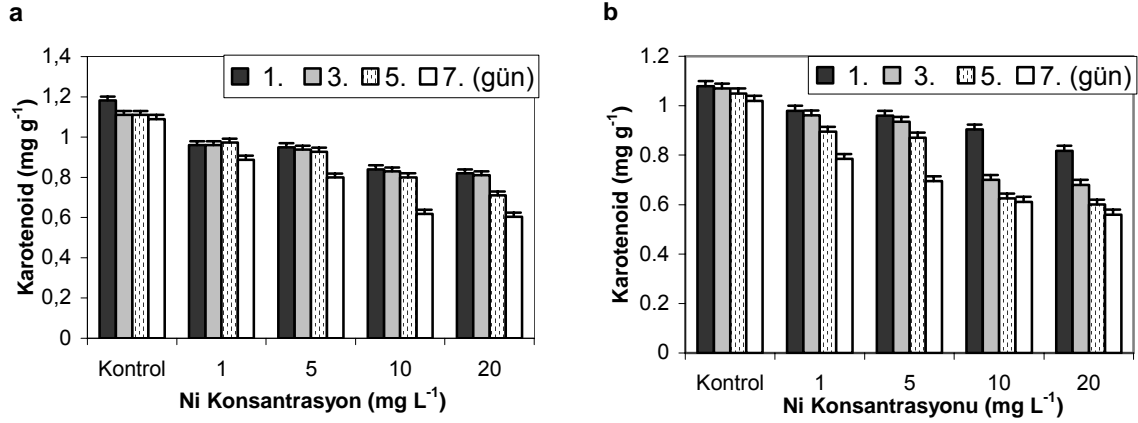


Şekil 4.59. *L. gibba*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.2.4 *L. gibba*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerin 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.60'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.18'de gösterilmiştir. Şekil 4.60 ve Tablo 4.18 incelendiğinde sürenin karotenoid üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Ni konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Ni konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 92,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 39,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli

olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 87,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

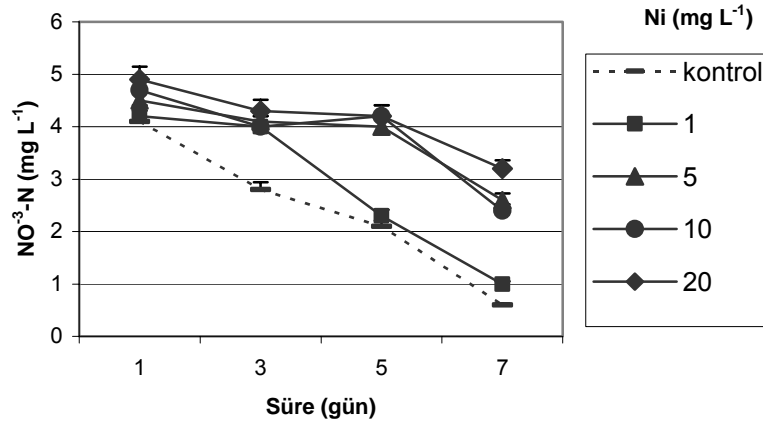


Şekil 4.60. *L. gibba*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.2.5. *L. gibba*'da Ni Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.61'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.18'de gösterilmiştir.

Ni konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 87,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 81,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 53,4 oranında ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.61 ve Tablo 4.18).

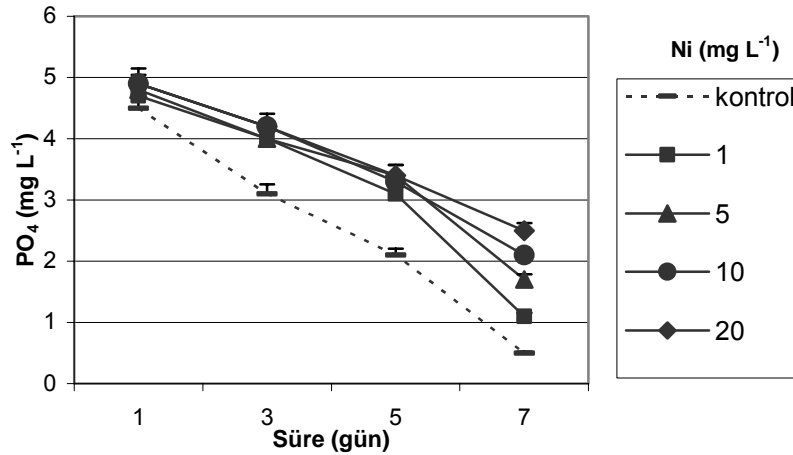


Şekil 4.61. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.2.6. *L. gibba*'da Ni Uygulanmış Örneklerin PO<sub>4</sub><sup>-</sup> Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri Şekil 4.62'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.18'de gösterilmiştir.

Şekil 4.62 ve Tablo 4.18 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarı üzerinde % 98,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarı üzerine % 94,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 83,8 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

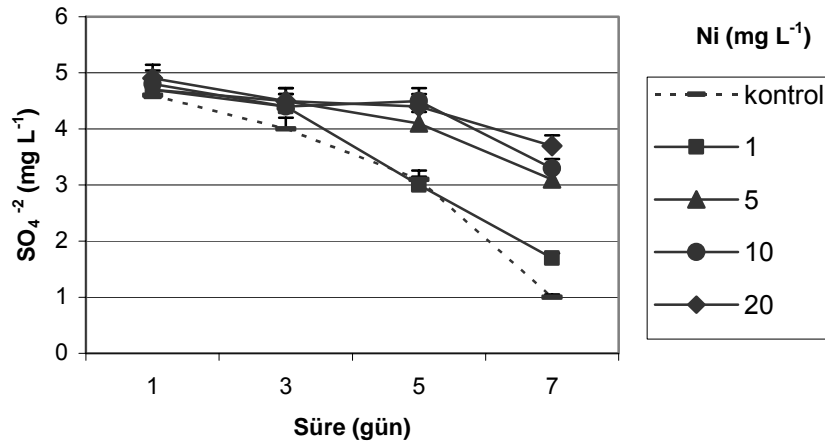


Şekil 4.62. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.2.7. *L. gibba*'da Ni Uygulanmış Örneklerin $\text{SO}_4^{-2}$ Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  değişimleri Şekil 4.63'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.18'de gösterilmiştir.

$\text{SO}_4^{-2}$  miktarı üzerinde Ni konsantrasyonunun % 84,1 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarı üzerine % 91,4 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,1 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.63 ve Tablo 4.18).



Şekil 4.63. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

Tablo 4.18. Ni uygulanmış *L. gibba* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Ni akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	9817	< 0,01	%99,9
Besin	1	8076	< 0,01	%99,5
Ni x Besin	3	3373	<0,01	%99,3
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	9869	< 0,01	% 99,9
Besin	1	6048	< 0,01	% 99,7
Ni x Besin	3	245	< 0,01	% 97,9
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	6540	< 0,01	% 99,7
Ni konsantrasyonu	3	2181	< 0,01	%99,0
Besin	1	9902	< 0,01	% 99,4
Ni x süre	9	101	< 0,01	%93,5
Ni x besin	3	96	< 0,01	%81,8
Süre x besin	3	631	< 0,01	%96,7
Ni x süre x besin	9	55	< 0,01	%88,7
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2796	< 0,01	% 99,0
Ni konsantrasyonu	3	1324	< 0,01	% 99,0
Besin	1	4056	< 0,01	% 98,3
Süre x Ni	9	10,7	< 0,01	% 67,7
Süre x besin	3	67	< 0,05	% 47,1
Ni x besin	3	86	< 0,01	% 90,5
Süre x Ni x Besin	9	21	< 0,01	% 84,2
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1430	< 0,01	% 98,9
Ni konsantrasyonu	3	3458	< 0,01	%99,3
Besin	1	612	< 0,01	% 92,7
Ni x süre	9	68	< 0,01	%89,5
Ni x besin	3	15	< 0,05	%39,2
Süre x besin	3	177	< 0,01	%91,7
Ni x süre x besin	9	56	< 0,01	%87,6
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	176	< 0,01	%87,3
Süre	3	114	< 0,01	%81,2
Ni x Süre	9	13	< 0,05	%53,4
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	215	< 0,01	%98,2
Süre	3	2537	< 0,01	%94,1
Ni x Süre	9	21	< 0,01	%83,8
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	212	< 0,01	% 84,1
Süre	3	1425	< 0,01	% 91,4
Ni x süre	9	26	< 0,01	% 72,1
Hata	36			

#### 4.2.3. *L. gibba*'da Co Akümülyasyonu

*L. gibba*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Co uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Co miktarları Tablo 4.19'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.20'de gösterilmiştir.

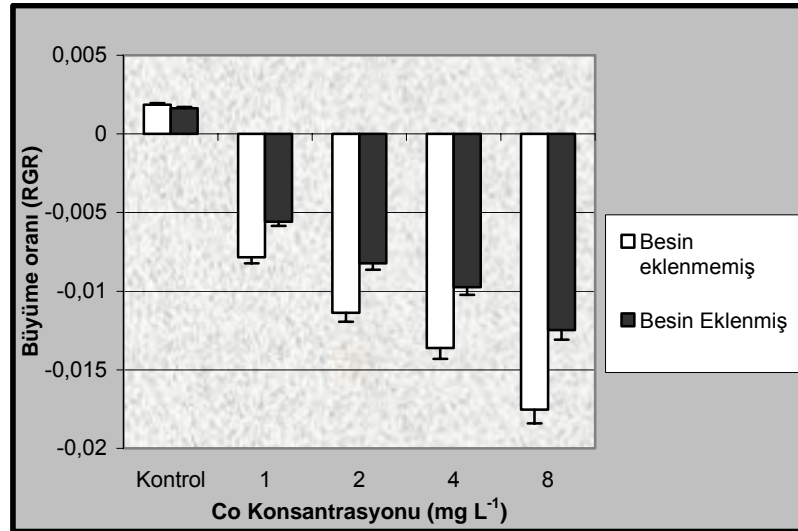
Tablo 4.19 ve Tablo 4.20. incelendiğinde Co konsantrasyonunun Co alınımı üzerinde % 99,6 (p<0,01) oranında etkiliği olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Co alınımı üzerine % 66,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Co alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 10,8 oranında (p>0,05) anlamlı olmadığı gözlenmektedir.

Tablo 4.19. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. gibba* örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Co</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>		
	<b>Konsantrasyonu</b> <b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ort/Std</b> <b>hata</b> <b>(<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b> <b>Maks</b>	<b>Ort/Std</b> <b>hata</b> <b>(<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b> <b>Maks</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>		0,09±0,01	0,07 0,13	0,06±0,01	0,03 0,11	
<b>1</b>		36,2±2,1	32,4 39,7	30,4±2,6	26,4 35,3	
<b>2</b>		73,4±2,5	70,3 78,5	63,9±2,4	60,1 68,5	
<b>4</b>		244,6±4,9	237,5 254,2	192,1±3,2	187,2 198,2	
<b>8</b>		434,3±12,6	412,4 456,1	378,5±5,6	370,6 389,6	

#### 4.2.3.1. *L. gibba*'da Co Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.64'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.20'de gösterilmiştir. Co konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 97,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.64 ve Tablo 4.20).



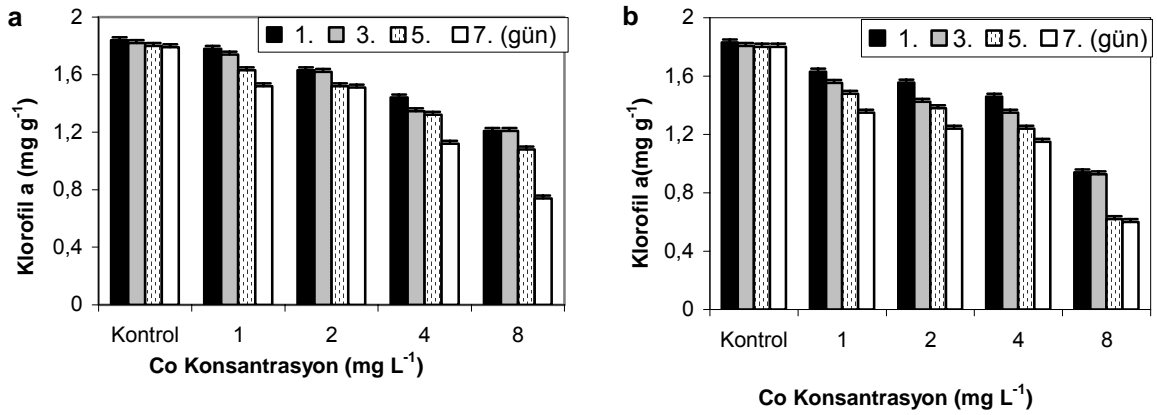
Şekil 4.64. *L. gibba*'da yedi günlük Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.3.2 *L. gibba*'da Co Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerin 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.65'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.20'de gösterilmiştir. Klorofil a üzerinde sürenin % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Co konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça



klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 95,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 97,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 81,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 93,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.65 ve Tablo 4.20).

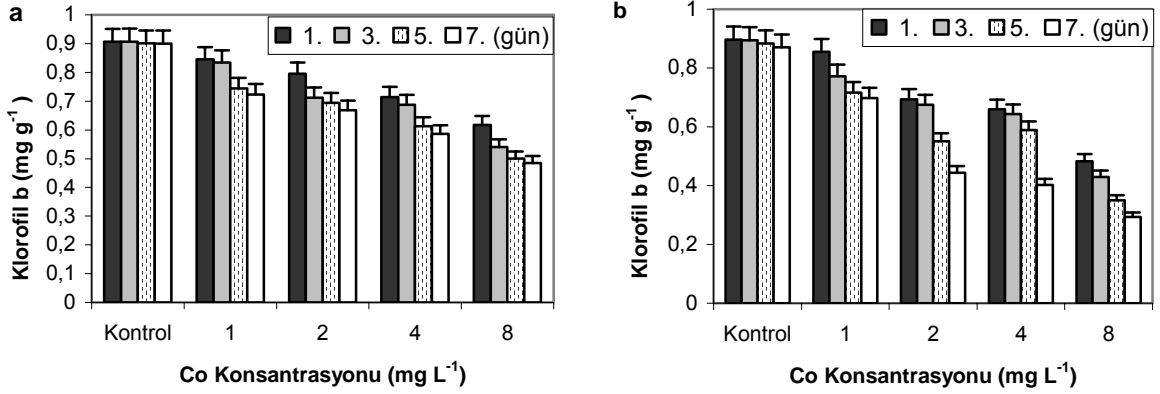


Şekil 4.65. *L. gibba*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.3.3 *L. gibba*'da Co uygulanmış örneklerin klorofil b miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerin 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.2.66'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.20'de gösterilmiştir. Şekil 4.66 ve Tablo 4.20 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 98,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 97,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Co konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 74,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında %

89,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 85,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 83,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

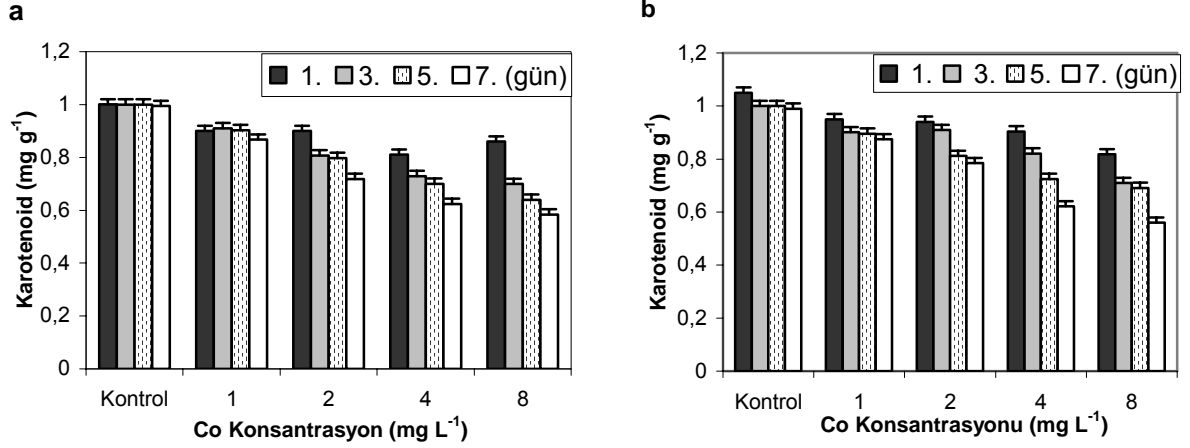


Şekil 4.66. *L. gibba*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.3.4 *L. gibba*'da Co Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerin 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.67'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.20'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 98,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Co konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Co konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 75,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 93,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 68,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 44,9 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine

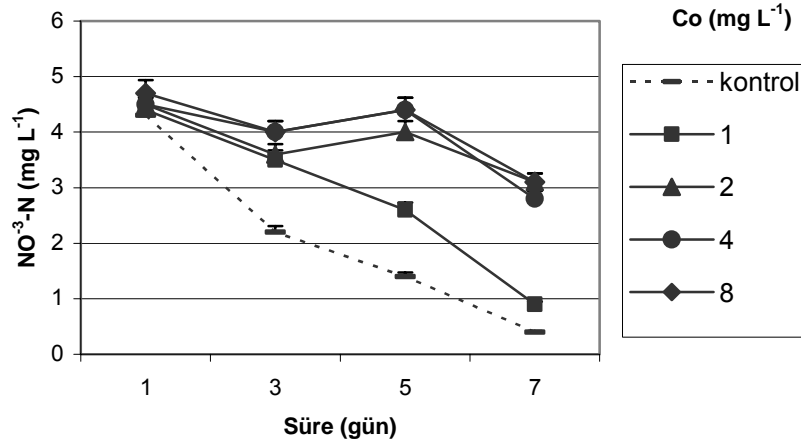
bakıldığında ise % 77,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.67 ve Tablo 4.20).



Şekil 4.67. *L. gibba*'da Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.3.5. *L. gibba*'da Co Uygulanmış Örneklerin NO<sup>-3</sup>-N Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>-3</sup>-N değişimleri Şekil 4.68'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.20'de gösterilmiştir. Şekil 4.68 ve Tablo 4.20 incelendiğinde Co konsantrasyonunun sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerinde % 91,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerine % 92,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 80,4 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

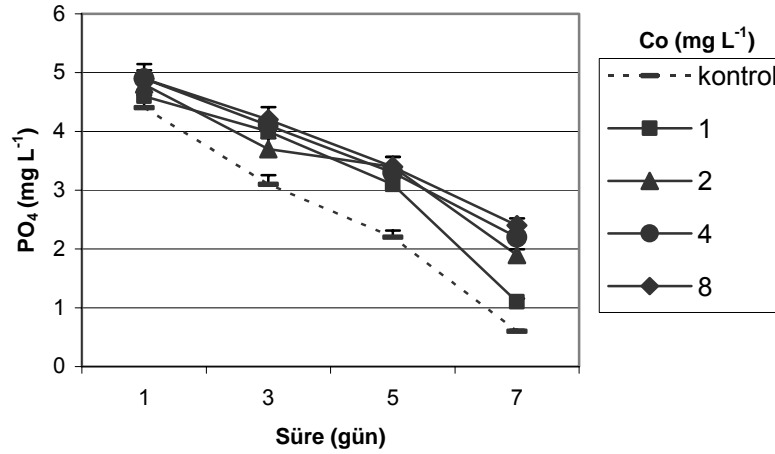


Şekil 4.68. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.3.6. *L. gibba*'da Co uygulanmış örneklerin $\text{PO}_4^-$ değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.69'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.20'de gösterilmiştir.

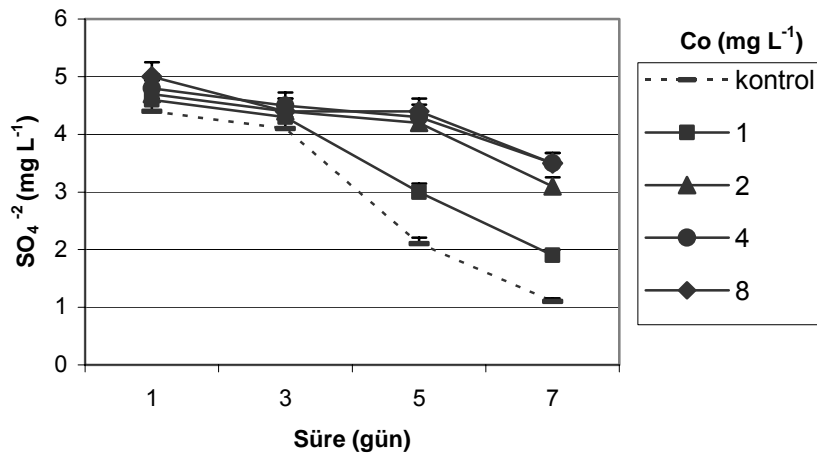
Co konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 93,4 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,1 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,5 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.69 ve Tablo 4.20).



Şekil 4.69. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.3.8 *L. gibba*'da Co Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.70'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.20'de gösterilmiştir. Şekil 4.70 ve Tablo 4.20 incelendiğinde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Co konsantrasyonunun % 87,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 95,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 75,2 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.70. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.20. Co uygulanmış *L. gibba* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Co akümülyasyonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	1352	< 0,01	%99,6
Besin	1	32,2	< 0,01	%66,8
Co x Besin	3	0,6	>0,05	%10,8
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	7234	< 0,01	% 99,9
Besin	1	7668	< 0,01	% 99,8
Co x Besin	3	208	< 0,01	% 97,5
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	4249	< 0,01	% 99,5
Co konsantrasyonu	3	20860	< 0,01	% 99,9
Besin	1	5906	< 0,01	% 98,9
Co x süre	9	143	< 0,01	% 95,3
Co x besin	3	91	< 0,01	% 97,4
Süre x besin	3	807	< 0,01	% 81,0
Co x süre x besin	9	107	< 0,01	% 93,8
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1340	< 0,01	% 98,4
Co konsantrasyonu	3	3958	< 0,01	% 99,5
Besin	1	2109	< 0,01	% 97,1
Süre x Co	9	20	< 0,01	% 74,2
Süre x besin	3	121	< 0,01	% 85,0
Co x besin	3	189	< 0,01	% 89,9
Süre x Co x Besin	9	34	< 0,01	% 83,0
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1429	< 0,01	% 98,5
Co konsantrasyonu	3	2088	< 0,01	% 99,0
Besin	1	196	< 0,01	% 75,5
Co x süre	9	100	< 0,01	% 93,4
Co x besin	3	45	< 0,01	% 68,1
Süre x besin	3	17	< 0,05	% 44,9
Co x süre x besin	9	24	< 0,01	% 77,7
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	254	< 0,01	%91,3
Süre	3	524	< 0,01	%92,7
Co x Süre	9	26	< 0,01	%80,4
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	214	< 0,01	%93,4
Süre	3	3167	< 0,01	%99,1
Co x Süre	9	42	< 0,01	%84,5
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	107	< 0,01	%87,3
Süre	3	2467	< 0,01	%95,3
Co x süre	9	36	< 0,01	%75,2
Hata	36			

#### 4.2.4. *L. gibba*'da Cr Akümüasyonu

*L. gibba*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cr uygulanmıştır. Süre sonunda bitkilerdeki Cr miktarları Tablo 4.21'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.22'de gösterilmiştir. Tablo 4.21 ve Tablo 4.22 incelendiğinde Cr konsantrasyonunun Cr alınımı üzerinde % 99,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Cr alınımı üzerine % 96,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cr alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 41,6 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

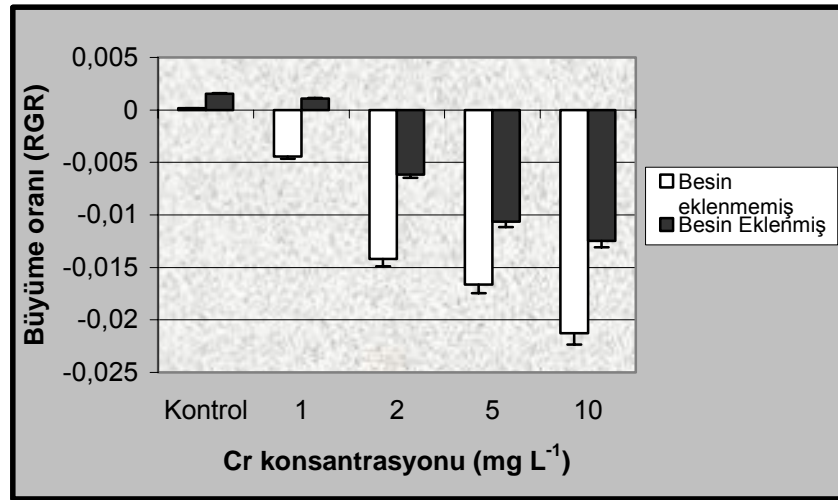
Tablo 4.21. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. gibba* örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Cr Konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>		
	<b>Ort/Std hata (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0,07±0,01	0,04	0,11	0,05±0,00	0,02	0,08
<b>1</b>	79,4±2,3	75,4	83,6	51,9±2,3	48,7	56,4
<b>2</b>	180,1±3,6	173,5	186,3	131,7±3,8	125,3	138,6
<b>5</b>	512,8±6,6	500,6	523	332,5±16,6	300,2	355,3
<b>10</b>	1212±6,0	1200	1221	728,3±2,4	723,5	731,8

#### 4.2.4.1 *L. gibba*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.2.71'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.22'de

gösterilmiştir. Cr konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 97,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.71 ve Tablo 4.22).



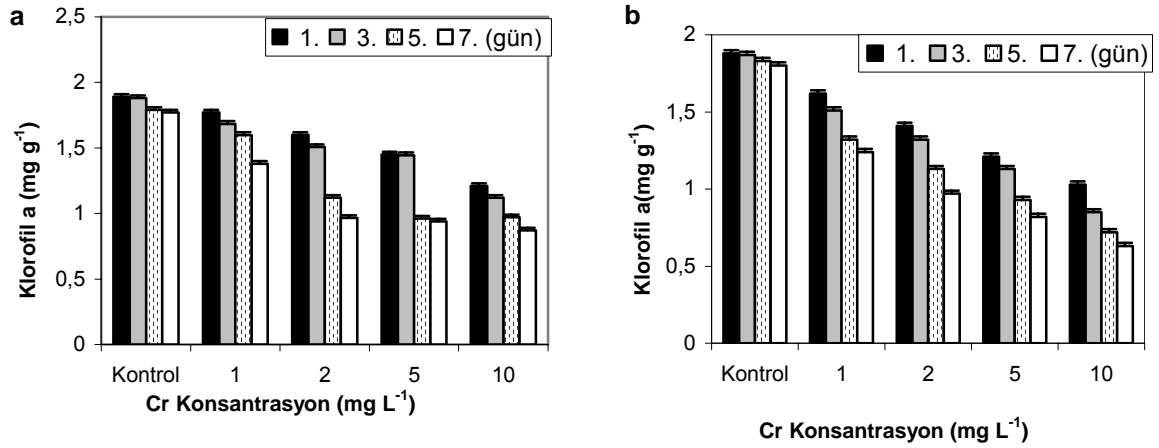
Şekil 4.71. *L. gibba*'da yedi günlük Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.4.2 *L. gibba*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.72'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.22'de gösterilmiştir. Şekil 4.72 ve Tablo 4.22 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cr konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,8 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 95,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve



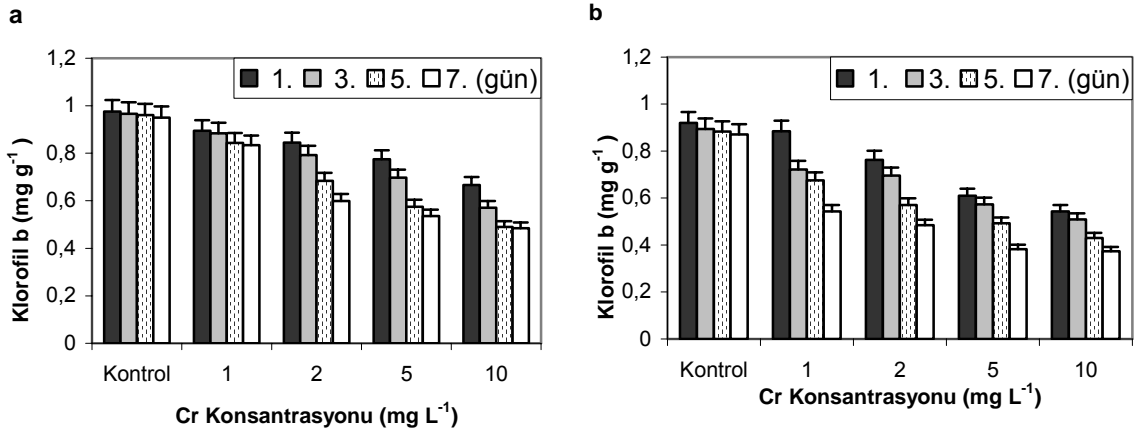
sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 93,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.72. *L. gibba*'da Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.4.3 *L. gibba*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

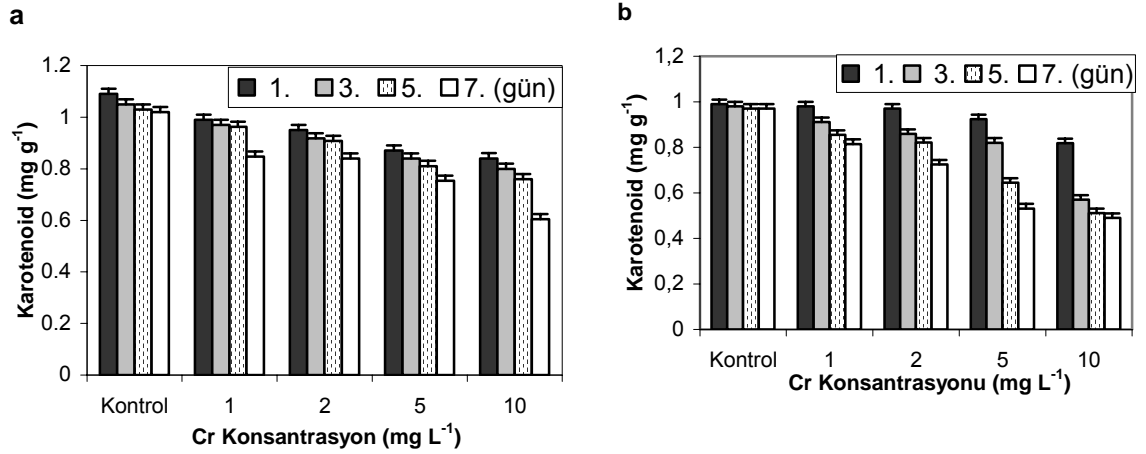
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.73'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.22'de gösterilmiştir. Sürenin klorofil b üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 98,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cr konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,3 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 79,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 89,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 56,0 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 80,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.73 ve Tablo 4.22).



Şekil 4.73. *L. gibba*'da Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.4.4. *L. gibba*'da Cr uygulanmış örneklerin karotenoid miktarları

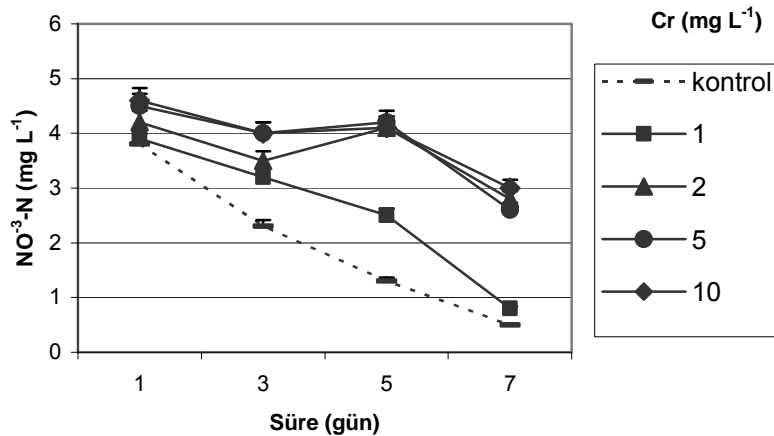
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.74'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.22'de gösterilmiştir. Şekil 4.74 ve Tablo 4.22 incelendiğinde karotenoid miktarı üzerinde sürenin % 99,0 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cr konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,3 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu Cr konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 96,8 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,2 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 85,0 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 93,3 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 89,9 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.74. *L. gibba*'da Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.4.5 *L. gibba*'da Cr Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

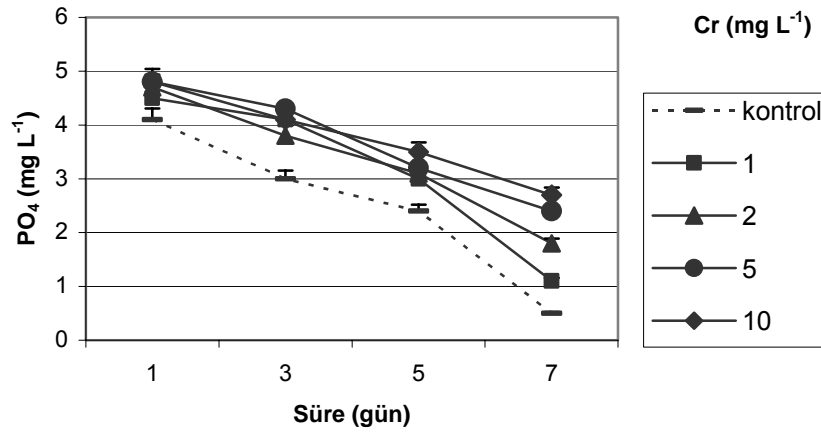
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.75'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.22'de gösterilmiştir. Şekil 4.75 ve Tablo 4.22 incelendiğinde Cr konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 84,6 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 85,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 43,8 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.75. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^{3-}\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.2.4.6 *L. gibba*'da Cr Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

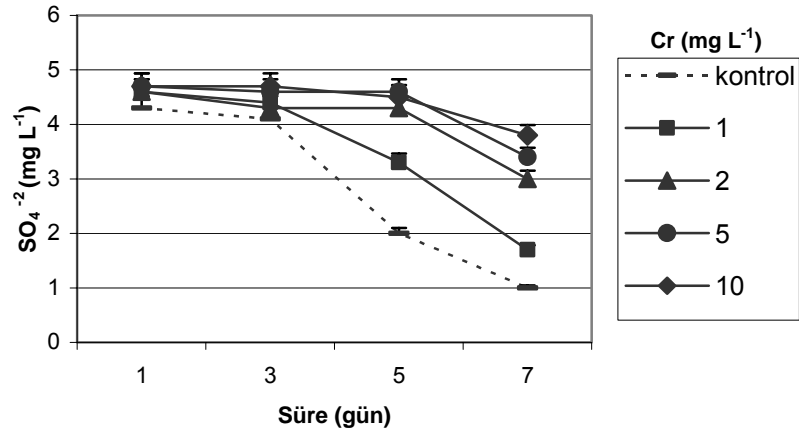
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$ , değişimleri Şekil 4.76'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.22'de gösterilmiştir. Cr konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 81,4 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.76 ve Tablo 4.22).



Şekil 4.76. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.2.4.7 *L. gibba*'da Cr Uygulanmış Örneklerin $\text{SO}_4^{-2}$ Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$ , değişimleri Şekil 4.77'deki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.22'de gösterilmiştir. Sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarı üzerinde Cr konsantrasyonunun % 83,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarı üzerine % 91,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 75,7 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.77 ve Tablo 4.22).



Şekil 4.77. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{2-}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.22. Cr uygulanmış *L. gibba* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cr akümülyasyonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	3157	< 0,01	% 99,8
Besin	1	411	< 0,01	% 96,3
Cr x Besin	3	37	<0,05	% 41,6
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	24571	< 0,01	% 99,9
Besin	1	28153	< 0,01	% 99,9
Cr x Besin	3	250	< 0,01	% 97,9
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	8576	< 0,01	% 99,8
Cr konsantrasyonu	3	12870	< 0,01	% 99,8
Besin	1	6339	< 0,01	% 99,0
Cr x süre	9	184	< 0,01	% 96,3
Cr x besin	3	503	< 0,01	% 95,9
Süre x besin	3	52	< 0,01	% 71,3
Cr x süre x besin	9	107	< 0,01	% 93,8
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2050	< 0,01	% 99,0
Cr konsantrasyonu	3	2927	< 0,01	% 99,3
Besin	1	3210	< 0,01	% 98,0
Süre x Cr	9	28	< 0,01	% 79,8
Süre x besin	3	27	< 0,05	% 56,0
Cr x besin	3	141	< 0,01	% 86,9
Süre x Cr x Besin	9	29	< 0,01	% 80,4
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2024	< 0,01	% 99,0
Cr konsantrasyonu	3	2825	< 0,01	% 99,3
Besin	1	1917	< 0,01	% 96,8
Cr x süre	9	59	< 0,01	% 89,2
Cr x besin	3	121	< 0,01	% 85,0
Süre x besin	3	259	< 0,01	% 93,3
Cr x süre x besin	9	63	< 0,01	% 89,9
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	154	< 0,01	% 84,6
Süre	3	162	< 0,01	% 85,2
Cr x Süre	9	11	< 0,05	% 43,8
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	352	< 0,01	%98,7
Süre	3	3165	< 0,01	%99,1
Cr x Süre	9	43	< 0,01	%81,4
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	143	< 0,01	%83,1
Süre	3	2154	< 0,01	%91,1
Cr x süre	9	25	< 0,01	%75,7
Hata	36			

#### 4.2.5. *L. gibba*'da Cd Akümülayonu

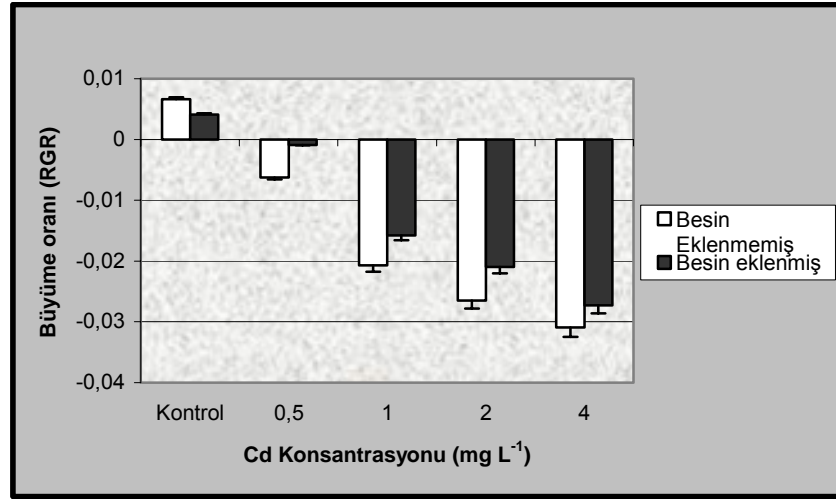
*L. gibba*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cd uygulanmıştır. Süre sonunda bitkilerdeki kadmiyum miktarları Tablo 4.23'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.24'de gösterilmiştir. Tablo 4.23 ve Tablo 4.24 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun Cd alınımı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de Cd alınımı üzerine % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cd alınımının daha yüksek olduğu. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 90,8 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4.23. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. gibba* örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

<b>Cd</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>			
	<b>Konsantrasyonu</b> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	<b>Ort/Std</b> <b>hata</b> ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata</b> ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>		0,13±0,01	0,09	0,17	0,06±0,00	0,03	0,11
<b>0.5</b>		773,7±6,9	761,5	785,7	522,9±6,0	511,6	532,4
<b>1</b>		1568±12,9	1543	1586	918,8±2,7	913,8	923,4
<b>2</b>		3451±5,6	3441	3461	2144±9,5	2128	2161
<b>4</b>		6428±8,3	6413	6442	4257±5,1	4249	4267

#### 4.2.5.1. *L. gibba*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.78’de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.24’de gösterilmiştir. Cd konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 95,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.78 ve Tablo 4.24).



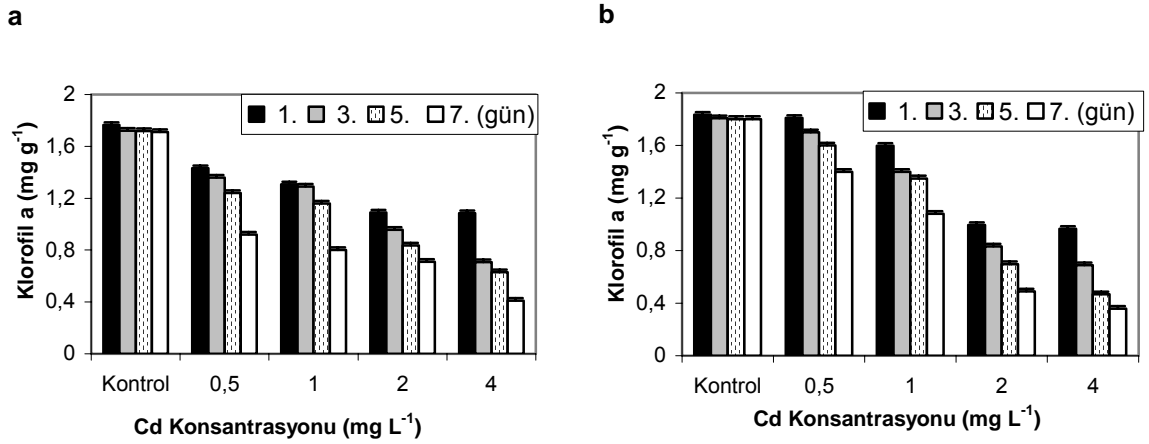
Şekil 4.78. *L. gibba*'ya yedi günlük Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.5.2 *L. gibba*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.79’da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.24’de gösterilmiştir. Şekil 4.79 ve Tablo 4.24 incelendiğinde klorofil a üzerinde Cd konsantrasyonunun % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 97,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Sürenin klorofil a üzerinde %99,8 oranında etkili olduğu ( $p<0,01$ ) süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,9



oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 90,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olmadığı gözlenmektedir.

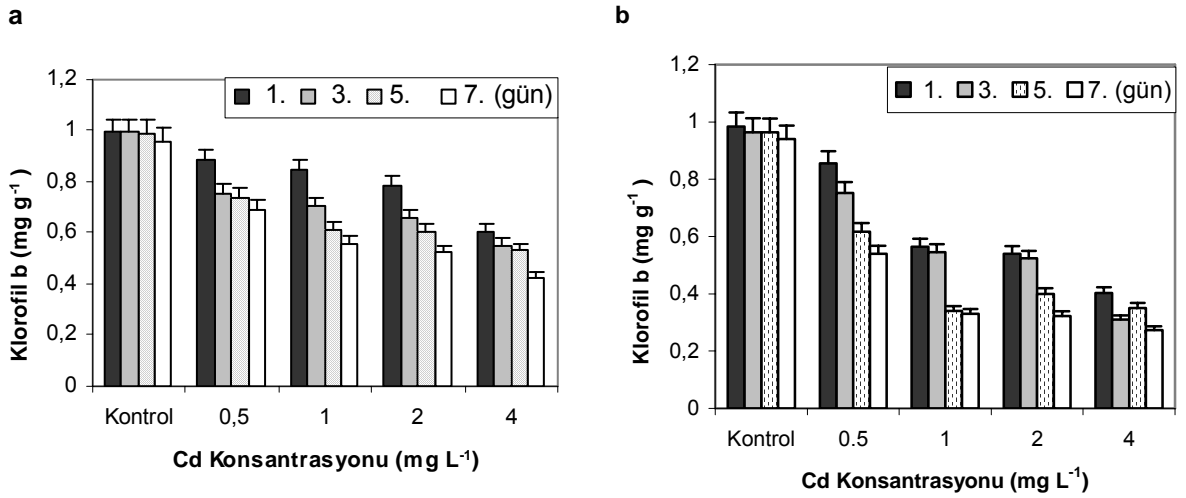


Şekil 4.79. *L. gibba*'da Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.5.3 *L. gibba*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.80'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.24'de gösterilmiştir. Şekil 4.80 ve Tablo 4.24 incelendiğinde Sürenin klorofil b üzerinde % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cd konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,4 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon

ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 93,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 70,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 85,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

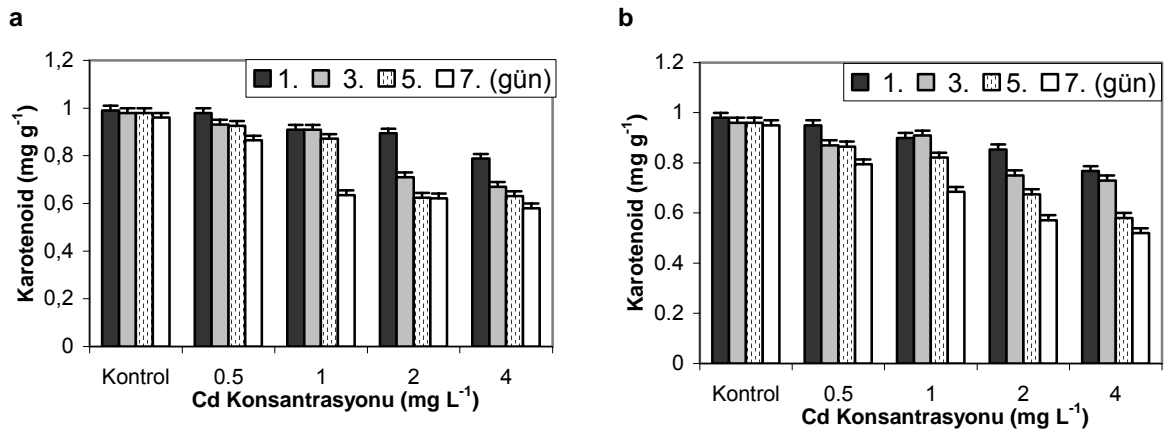


Şekil 4.80. *L. gibba*'da Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.5.4 *L. gibba*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.81'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.24'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Cd konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cd konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 56,9 ( $p<0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 94,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 64,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 51,5 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 81,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.81 ve Tablo 4.24).

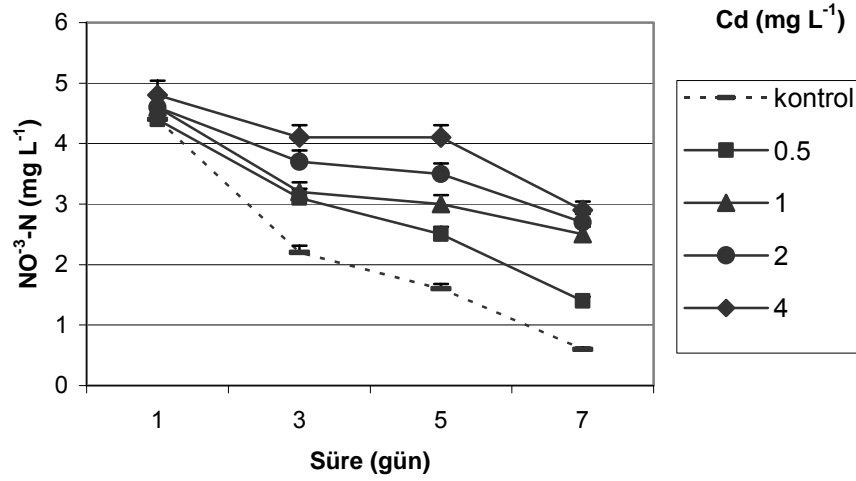


Şekil 4.81. *L. gibba*'da Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.5.5 *L. gibba*'da Cd Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.82'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.24'de gösterilmiştir.

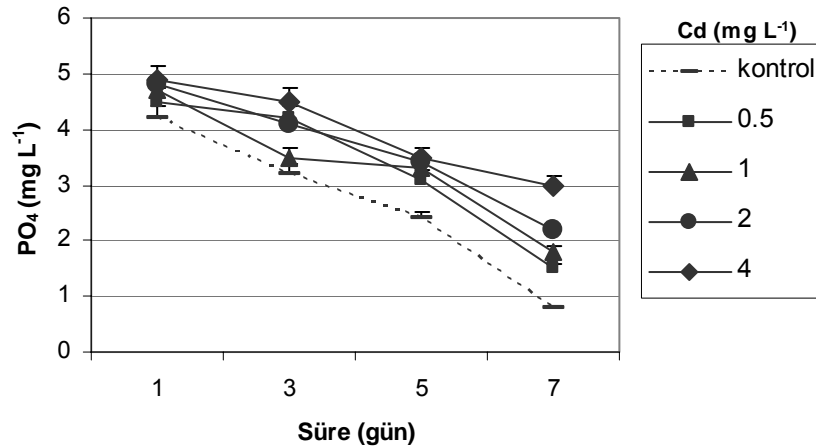
Şekil 4.82 ve Tablo 4.2.10 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 91,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 93,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,5 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.82. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.5.6. *L. gibba*'da Cd Uygulanmış Örneklerin PO<sub>4</sub><sup>-</sup> Değişimleri

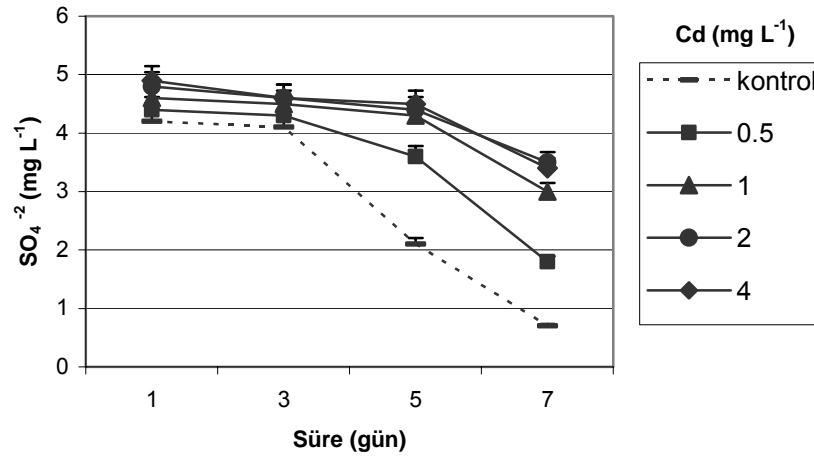
Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri Şekil 4.83'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.24'de gösterilmiştir. Cd konsantrasyonunun sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarı üzerinde % 89,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarı üzerine % 99,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 80,2 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.83 ve Tablo 4.24).



Şekil 4.83. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.5.7. *L. gibba*'da Cd Uygulanmış Örneklerin $\text{SO}_4^{-2}$ Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  değişimleri Şekil 4.84'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.24'de gösterilmiştir. Şekil 4.84 ve Tablo 4.24 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarı üzerinde % 88,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarı üzerine % 96,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,1 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.84. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.24. Cd uygulanmış *L. gibba* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cd akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	42618	< 0,01	% 99,9
Besin	1	10300	< 0,01	% 99,8
Cd x Besin	3	52	<0,01	% 90,8
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	72374	< 0,01	% 99,9
Besin	1	14113	< 0,01	% 99,9
Cd x Besin	3	114	< 0,01	% 95,5
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	11242	< 0,01	% 99,8
Cd konsantrasyonu	3	30669	< 0,01	% 99,9
Besin	1	2137	<0,01	% 97,1
Cd x süre	9	223	< 0,01	% 96,9
Cd x besin	3	3840	< 0,01	% 99,4
Süre x besin	3	54	<0,01	% 71,8
Cd x süre x besin	9	71	<0,01	% 90,9
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2281	< 0,01	% 99,1
Cd konsantrasyonu	3	3645	< 0,01	% 99,4
Besin	1	7402	< 0,01	% 99,1
Süre x Cd	9	74	< 0,01	%91,3
Süre x besin	3	49	< 0,01	%70,0
Cd x besin	3	286	< 0,01	%93,1
Süre x Cd x Besin	9	41	< 0,01	%85,3
Hata	64		<b>Sig.</b>	
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2162	< 0,01	% 99,0
Cd konsantrasyonu	3	2850	< 0,01	% 99,3
Besin	1	84	< 0,05	% 56,9
Cd x süre	9	127	< 0,01	% 94,7
Cd x besin	3	38	< 0,01	% 64,4
Süre x besin	3	22	< 0,05	% 51,5
Cd x süre x besin	9	30	< 0,01	% 81,3
Hata	64			
<b>NO<sup>-3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	315	< 0,01	%91,1
Süre	3	523	< 0,01	%93,4
Cd x Süre	9	46	< 0,01	%84,5
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	143	< 0,01	%89,7
Süre	3	4256	< 0,01	%99,3
Cd x Süre	9	35	< 0,01	%80,2
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	153	< 0,01	%88,2
Süre	3	3215	< 0,01	%96,1
Cd x süre	9	38	< 0,01	%72,1
Hata	36			

#### 4.2.6. *L. gibba*'da Zn Akümülyasyonu

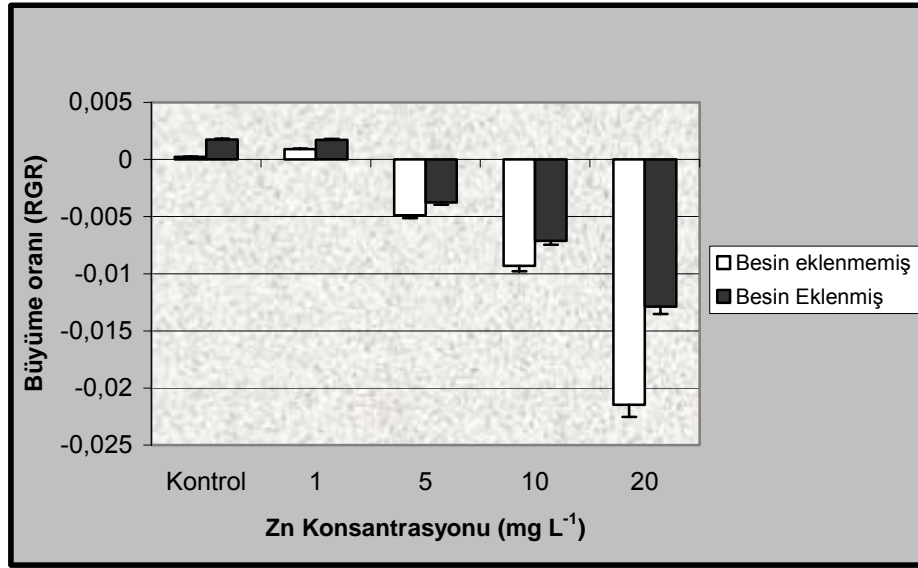
*L. gibba*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Zn uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Zn miktarları ve standart hata değerleri Tablo 4.25'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.26'da gösterilmiştir. Tablo 4.25 ve Tablo 4.26 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun Zn alınımı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Zn alınımı üzerine % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Zn alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 98,0 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4.25. *L. gibba*'da besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki Zn miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

<b>Zn Konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>			
	<b>Ort/Std hata (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>hata</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0,09±0,01	0,05	0,13	0,08±0,00	0,02	0,08	
<b>1</b>	32,8±2,5	28,5	37,4	23,6±1,8	20	26	
<b>5</b>	731±16,4	700	756	628±8,4	613	642	
<b>10</b>	1943±10,2	1923	1956	1481±10,1	1461	1495	
<b>20</b>	3753±19,1	3734	3796	2399±32	2345	2456	

#### 4.2.6.1. *L. gibba*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.85'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.26'da gösterilmiştir. Zn konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 99,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.85 ve Tablo 4.26).



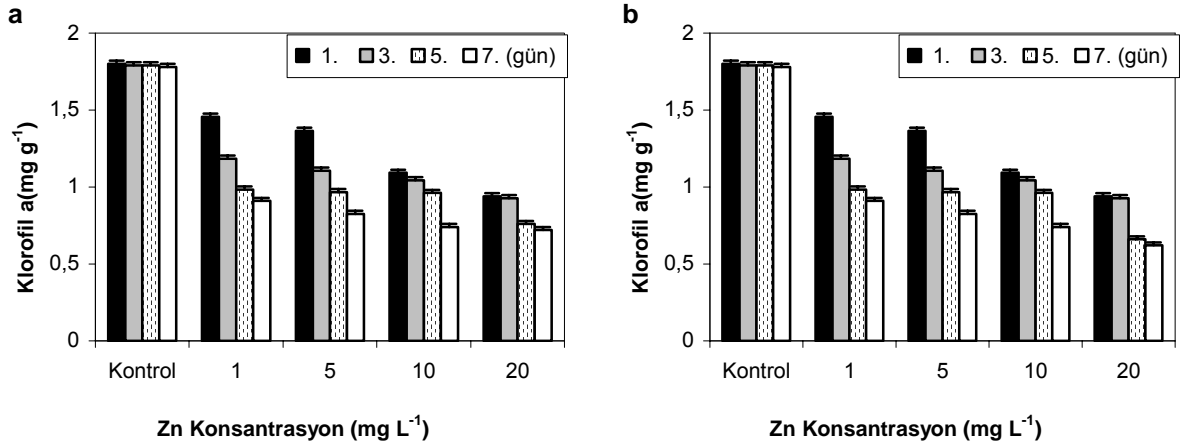
Şekil 4.85. *L. gibba*'da yedi günlük Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.6.2. *L. gibba*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.86'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.26'da gösterilmiştir. Şekil 4.86 ve Tablo 4.26 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a



üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,7 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 92,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 89,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 90,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 90,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

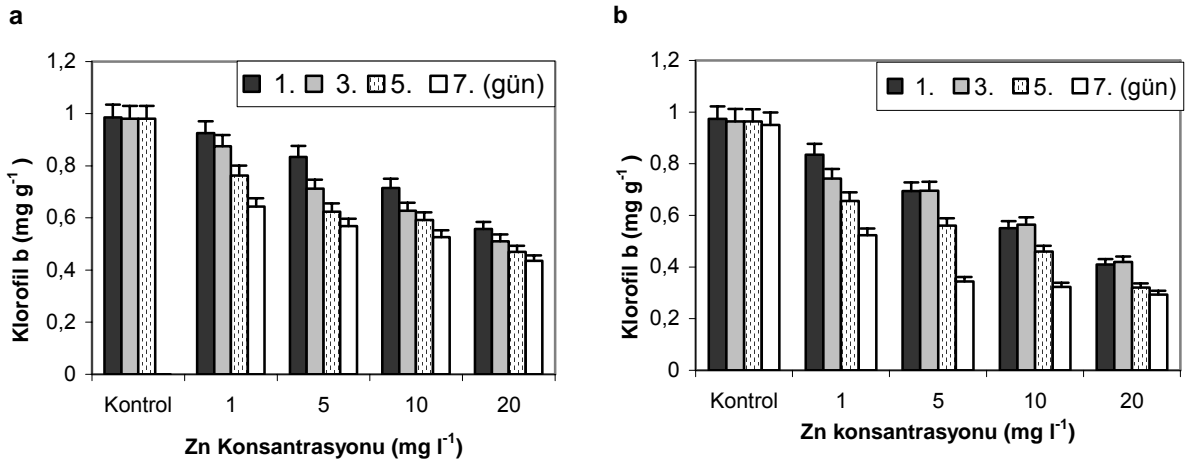


Şekil 4.86. *L. gibba*'da Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.6.3. *L. gibba*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.87'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.26'da gösterilmiştir. Şekil 4.87 ve Tablo 4.26 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 98,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon

ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 92,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 44,5 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 84,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 82,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

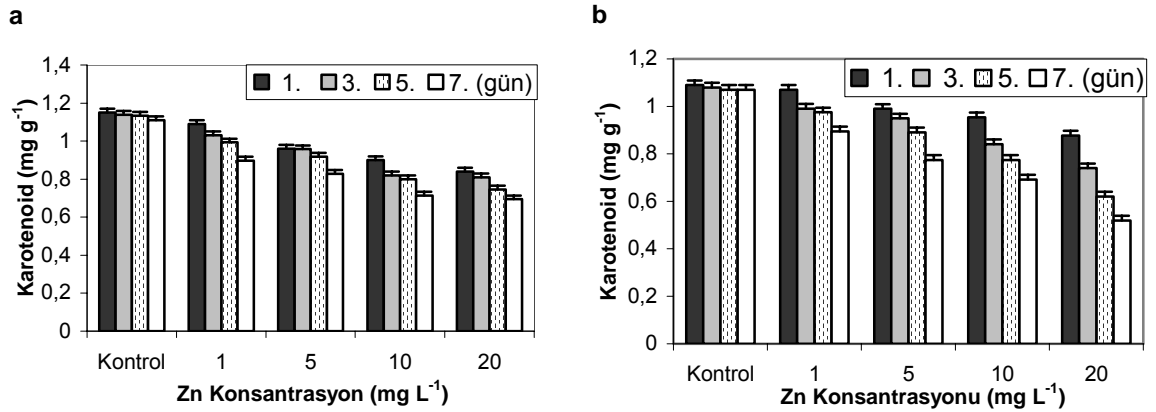


Şekil 4.87. *L. gibba*'da Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.6.5. *L. gibba*'da Zn uygulanmış örneklerin karotenoid miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.88'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.26'da gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Zn konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Zn konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 76,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 81,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine

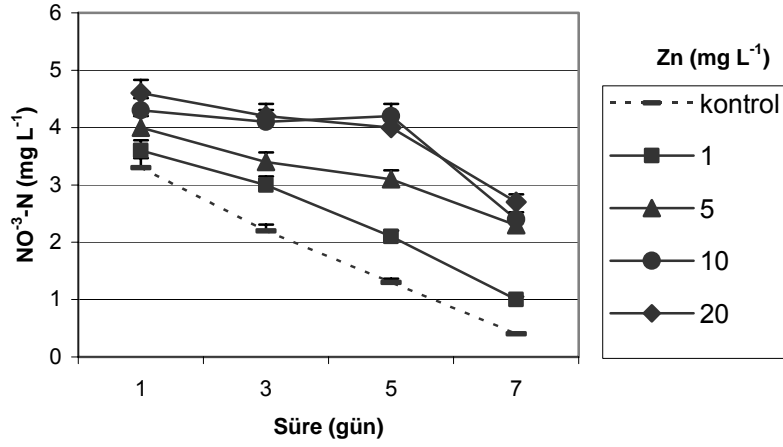
bakıldığında % 79,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 78,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.88 ve Tablo 4.26).



Şekil 4.88. *L. gibba*'ya Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.6.5 *L. gibba*'da Zn Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

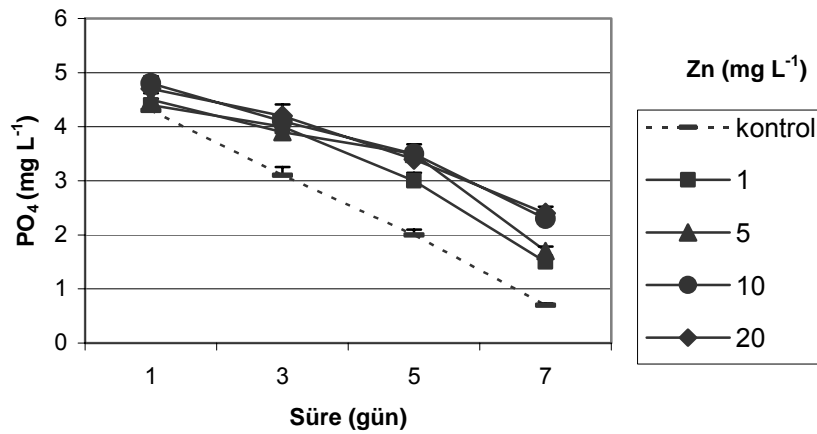
Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.89'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.26'da gösterilmiştir. Zn konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 86,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 81,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 53,1 oranında ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.89 ve Tablo 4.26).



Şekil 4.89. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.6.6 *L. gibba*'da Zn Uygulanmış Örneklerin PO<sub>4</sub><sup>-</sup> Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri Şekil 4.90'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.26'da gösterilmiştir. Şekil 4.90 ve Tablo 4.26 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarı üzerinde % 93,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarı üzerine % 98,6 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,3 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir.

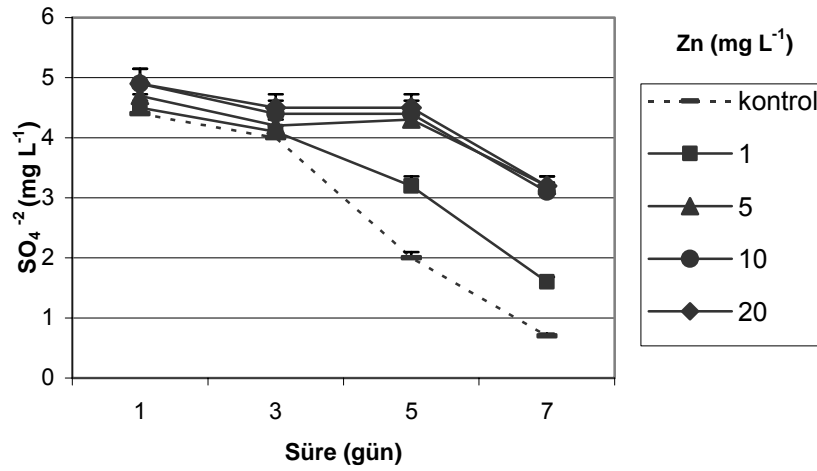


Şekil 4.90. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.6.8 *L. gibba*'da Zn Uygulanmış Örneklerin $\text{SO}_4^{-2}$ Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  değişimleri Şekil 4.91'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.26'da gösterilmiştir.

Zn konsantrasyonunun sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarı üzerinde % 91,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarı üzerine % 97,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,4 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.91 ve Tablo 4.26).



Şekil 4.91. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{SO}_4^{-2}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

Tablo 4.26. Zn uygulanmış *L. gibba* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

<b>Zn akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	14510	< 0,01	% 99,9
Besin	1	1912	< 0,01	% 99,2
Zn x Besin	3	775	<0,01	% 98,0
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	39545	< 0,01	% 99,9
Besin	1	6632	< 0,01	% 99,8
Zn x Besin	3	2192	< 0,01	% 99,8
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	6587	< 0,01	% 99,7
Zn konsantrasyonu	3	7286	< 0,01	% 99,7
Besin	1	7785	<0,01	% 99,2
Zn x süre	9	84	<0,01	% 92,3
Zn x besin	3	186	<0,01	% 89,7
Süre x besin	3	191	<0,01	% 90,0
Zn x süre x besin	9	16	<0,01	% 90,4
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2544	< 0,01	% 99,2
Zn konsantrasyonu	3	4312	< 0,01	% 99,5
Besin	1	3712	< 0,01	% 98,3
Süre x Zn	9	89	< 0,01	% 92,6
Süre x besin	3	111	< 0,01	% 84,0
Zn x besin	3	17	< 0,05	% 44,5
Süre x Zn x Besin	9	32	< 0,01	% 82,0
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1862	< 0,01	% 98,9
Zn konsantrasyonu	3	3110	< 0,01	%99,3
Besin	1	207	< 0,01	% 76,4
Zn x süre	9	30	< 0,01	%81,2
Zn x besin	3	81	< 0,01	%79,2
Süre x besin	3	97	< 0,01	%82,0
Zn x süre x besin	9	25	< 0,01	%78,1
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	214	< 0,01	% 86,2
Süre	3	114	< 0,01	% 81,2
Zn x Süre	9	12	< 0,05	% 53,1
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig,	Etki Büyüklüğü
Zn konsantrasyonu	3	421	< 0,01	% 93,1
Süre	3	1425	< 0,01	% 98,6
Zn x Süre	9	64	< 0,01	% 88,3
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig,	Etki Büyüklüğü
Zn konsantrasyonu	3	254	< 0,01	%91,6
Süre	3	1175	< 0,01	%97,5
Zn x süre	9	42	< 0,01	%82,4
Hata	36			

#### 4.2.7. *L. gibba*'da Cu Akümülyasyonu

*L. gibba*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cu uygulanmıştır. Süre sonunda bitkilerdeki Cu miktarları Tablo 4.27'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.28'de gösterilmiştir.

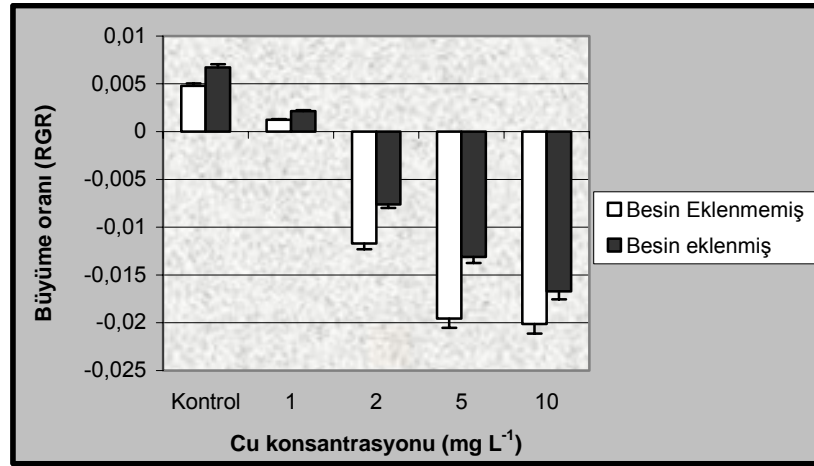
Tablo 4.27 ve Tablo 4.28. incelendiğinde Cu konsantrasyonunun Cu alınımı üzerinde % 99,8 ( $p < 0,01$ ) oranında etkiliği olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de Cu alınımı üzerine % 86,5 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cu alınımının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 55,6 oranında ( $p < 0,05$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.27. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. gibba* örneklerindeki Cu miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Cu Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,09±0,01	0,05	0,14	0,07±0,01	0,04	0,11
<b>1</b>	97,6±7,6	86	112	72,6±4,9	64	81
<b>2</b>	287±5,1	278	296	247±6,8	239	261
<b>5</b>	1035±12,1	1012	1052	850±9,4	832	864
<b>10</b>	2365±28,3	2315	2413	1476±10,5	1456	1492

#### 4.2.7.1. *L. gibba*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.92'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.28'de gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde %99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.92 ve Tablo 4.28).



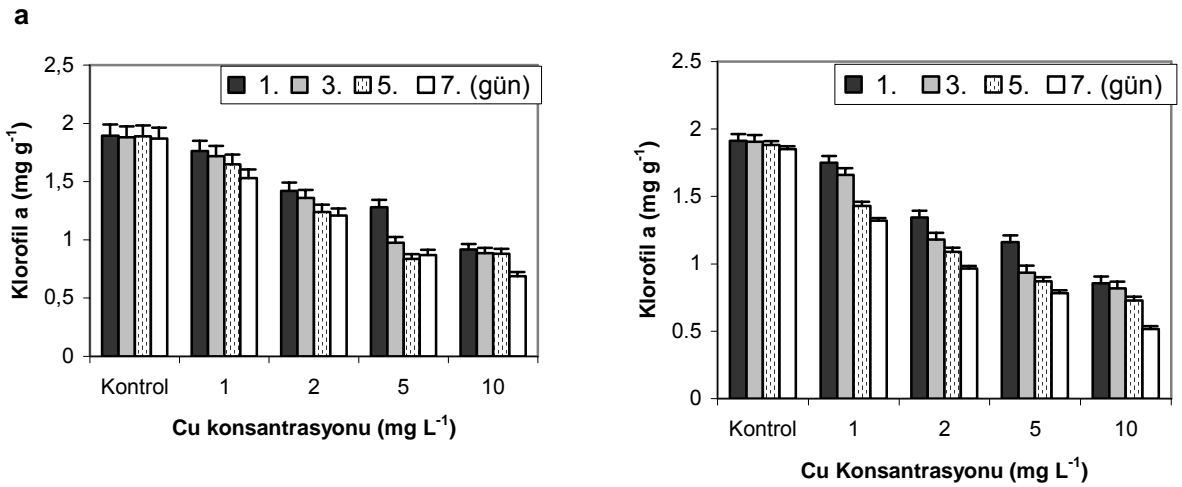
Şekil 4.92. *L. gibba*'ya yedi günlük Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.7.2. *L. gibba*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.93'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.28'de gösterilmiştir. Şekil 4.93 ve Tablo 4.28 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 98,0 ( $p<0,01$ ) oranında olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarındaki değişikliğin önemli olmadığı gözlenmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir.



Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 84,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 87,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 90,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

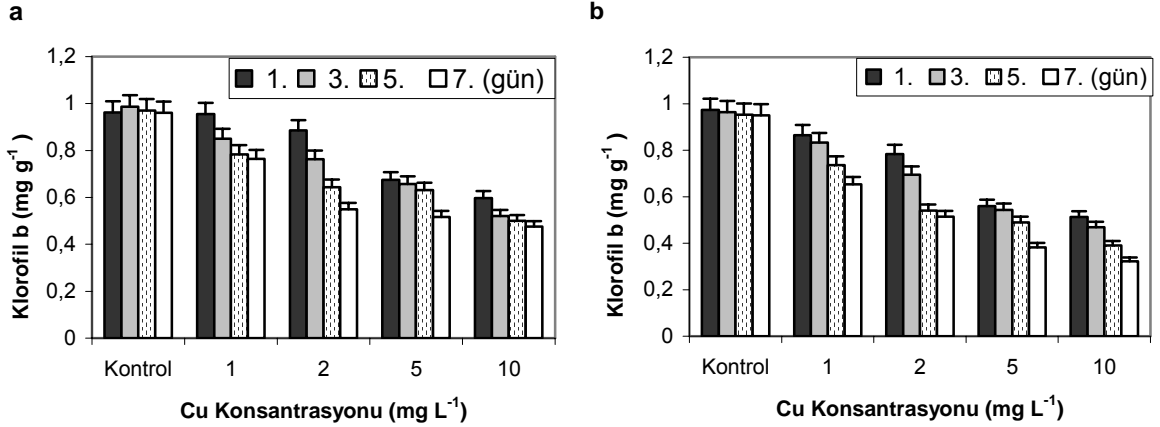


Şekil 4.93. *L. gibba*'ya Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.7.3. *L. gibba*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.94'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.28'de gösterilmiştir. Şekil 4.94 ve Tablo 4.28 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 97,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 87,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu

belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 84,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 75,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 74,0 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

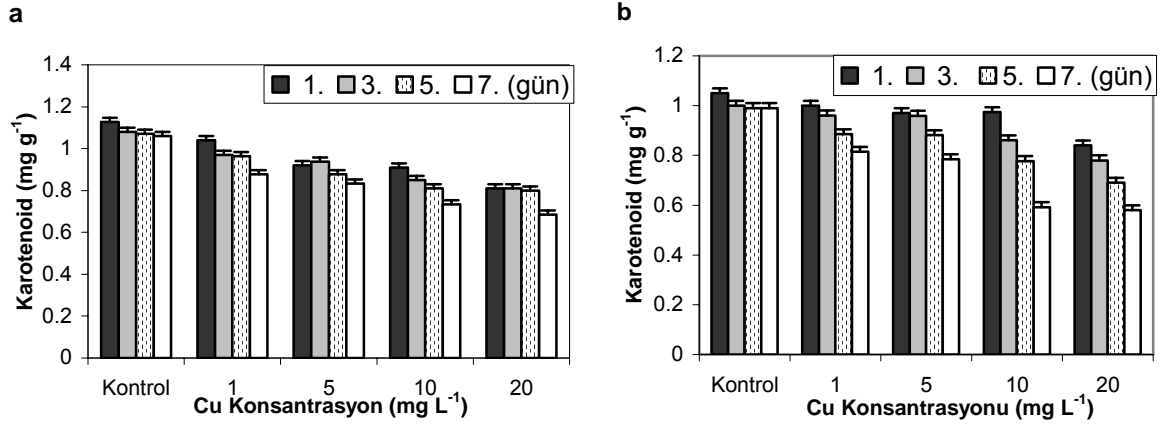


Şekil 4.94. *L. gibba*'da Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.7.4. *L. gibba*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.95'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.28'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cu konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cu konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 77,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 85,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 65,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine

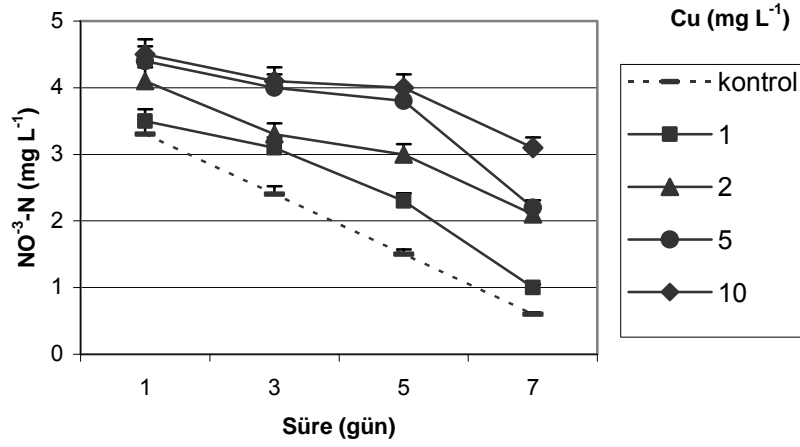
bakıldığında ise % 71,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.95 ve Tablo 4.28).



Şekil 4.95. *L. gibba*'da Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.2.7.5 *L. gibba*'da Cu Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

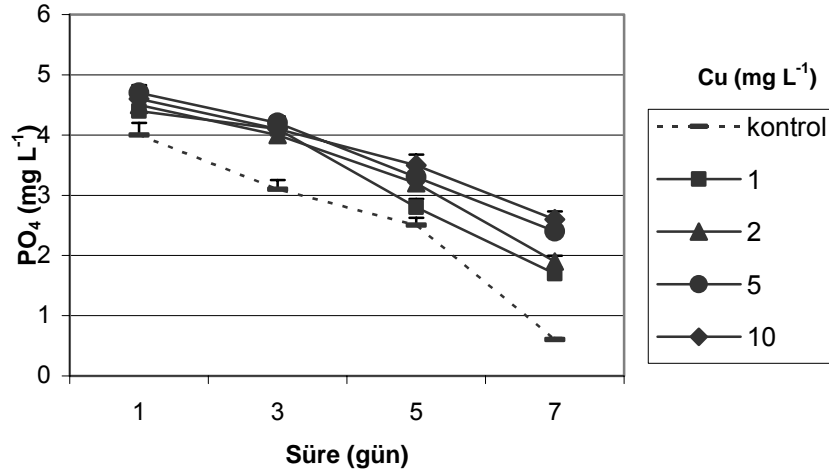
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.96'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.28'de gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 93,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 87,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 80,2 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.96 ve Tablo 4.28).



Şekil 4.96. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.7.6 *L. gibba*'da Cu Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

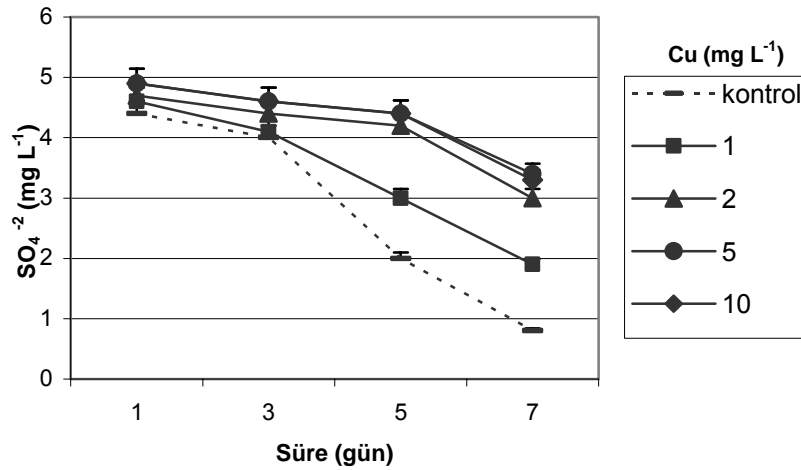
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.97'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.28'de gösterilmiştir. Şekil 4.97 ve Tablo 4.28 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,6 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.97. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.2.7.7 *L. gibba*'da Cu Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.2.98'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.28'de gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 86,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 96,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 75,2 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.98. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.28. Cu uygulanmış *L. gibba* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cu akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	2493	< 0,01	% 99,8
Besin	1	102	< 0,01	% 86,5
Cu x Besin	3	6,6	<0,05	% 55,6
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	48967	< 0,01	% 99,9
Besin	1	8325	< 0,01	% 99,8
Cu x Besin	3	796	< 0,01	% 99,3
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	4678	< 0,01	% 99,5
Cu konsantrasyonu	3	30053	< 0,01	% 99,9
Besin	1	3139	>0,05	% 98,0
Cu x süre	9	180	<0,01	% 96,2
Cu x besin	3	113	<0,01	% 84,2
Süre x besin	3	145	<0,01	% 87,2
Cu x süre x besin	9	67	<0,01	% 90,5
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1717	< 0,01	% 98,8
Cu konsantrasyonu	3	4145	< 0,01	% 99,5
Besin	1	2083	< 0,01	% 97,0
Süre x Cu	9	48	< 0,01	%87,2
Süre x besin	3	64	< 0,01	%75,1
Cu x besin	3	119	< 0,01	%84,9
Süre x Cu x Besin	9	20	< 0,01	%74,0
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1753	< 0,01	% 98,8
Cu konsantrasyonu	3	1724	< 0,01	%98,8
Besin	1	216	< 0,01	% 77,1
Cu x süre	9	41	< 0,01	% 85,2
Cu x besin	3	41	< 0,01	% 65,9
Süre x besin	3	157	< 0,01	% 88,1
Cu x süre x besin	9	18	< 0,01	% 71,7
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	1215	< 0,01	%93,6
Süre	3	435	< 0,01	%87,1
Cu x Süre	9	56	< 0,01	%80,2
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cu konsantrasyonu	3	1343	< 0,01	%98,7
Süre	3	3523	< 0,01	%99,8
Cu x Süre	9	46	< 0,01	%89,6
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cu konsantrasyonu	3	245	< 0,01	%86,3
Süre	3	3153	< 0,01	%96,2
Cu x süre	9	47	< 0,01	%75,2
Hata	36			

### 4.3. *Lemna turionifera*

#### 4.3.1. *L. turionifera*'da Pb Akümülyasyonu

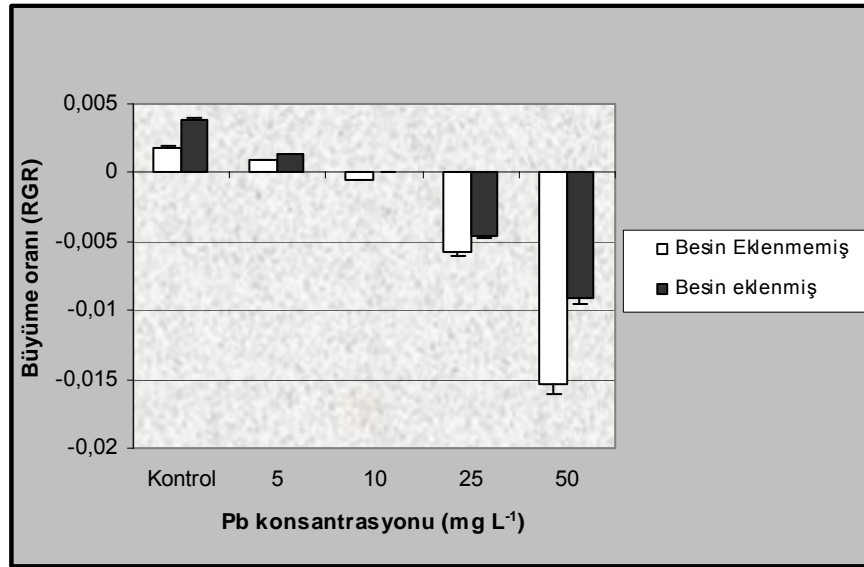
*L. turionifera*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Pb uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Pb miktarları Tablo 4.29'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.30'da gösterilmiştir. Tablo 4.29 ve Tablo 4.30 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun Pb alınımı üzerinde % 83,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Pb alınımı üzerine % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Pb alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 75,6 oranında ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.29. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. turionifera* örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Pb Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,1±0,04	0,08	0,40	0,13±0,09	0,10	0,22
<b>5</b>	1550±15,0	1523	1575	947±7,7	934	961
<b>10</b>	5871±12,9	5847	5891	3262±10,7	3243	3280
<b>25</b>	15059±19,4	15033	15097	13457±16,4	13426	13482
<b>50</b>	13051±15,6	13023	13077	10731±11,8	10716	10755

#### 4.3.1.1. *L. turionifera*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.99'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.30'da gösterilmiştir. Pb konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p < 0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı Tablo 4.30'da gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,5 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,0 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.99 ve Tablo 4.30).



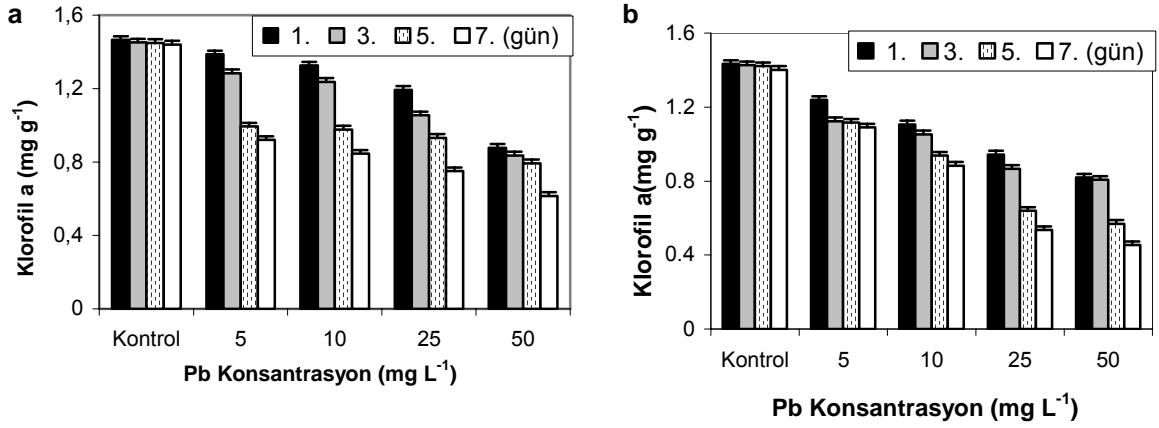
Şekil 4.99. *L. turionifera*'da yedi günlük Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.1.2. *L. turionifera*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.100'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.30'da gösterilmiştir. Şekil 4.100 ve Tablo 4.30 incelendiğinde klorofil a üzerinde sürenin % 99,6 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun klorofil a üzerinde % 99,7



( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu. Pb konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 98,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 96,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 96,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

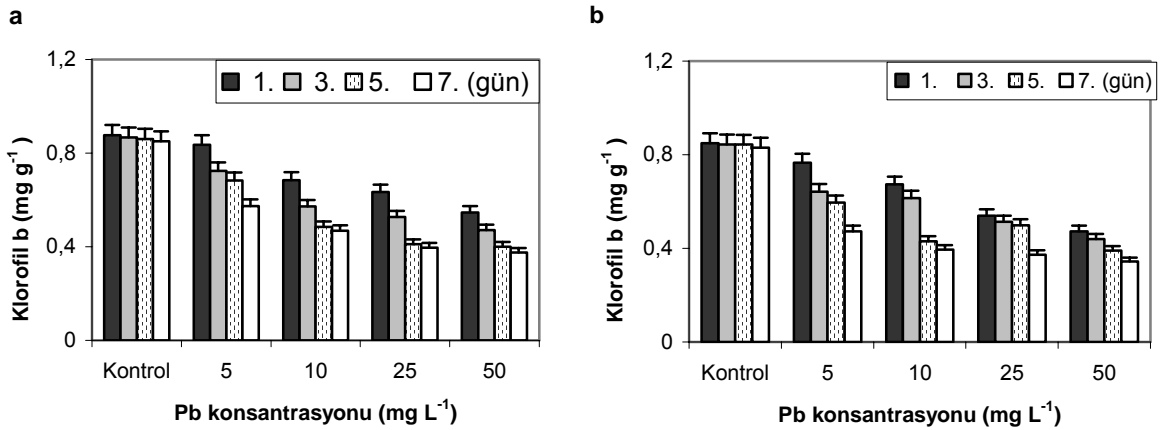


Şekil 4.100. *L. turionifera*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.1.3. *L. turionifera*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.101'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.30'da gösterilmiştir. Şekil 4.101 ve Tablo 4.30 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 83,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 98,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve

sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 79,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında, % 60,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 70,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 82,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

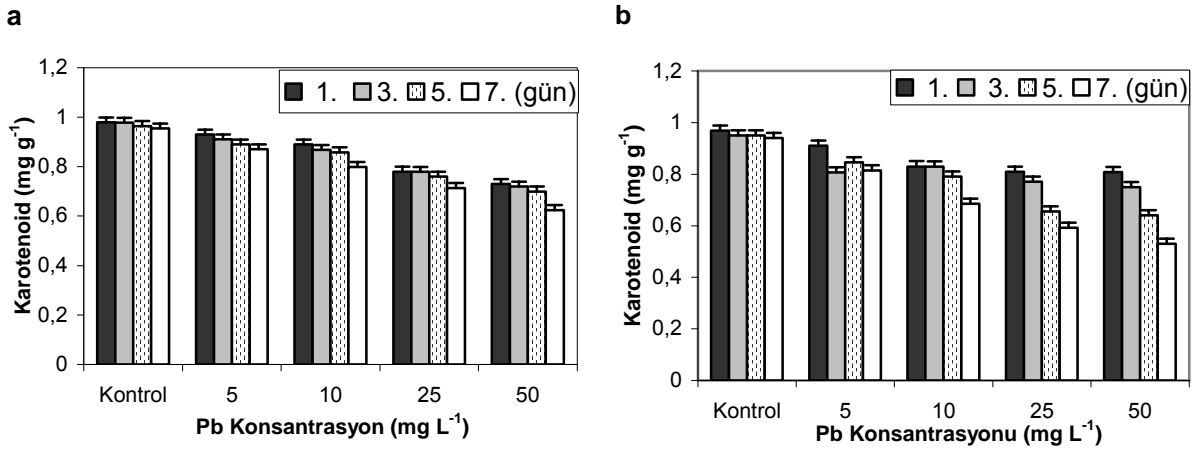


Şekil 4.101. *L. turionifera*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.1.4. *L. turionifera*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarı

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.102'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.30'da gösterilmiştir. Karotenoid üzerinde sürenin % 97,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Pb konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Pb konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 89,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 86,7 oranında ( $p<0,01$ )

önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 64,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 78,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.102 ve Tablo 4.30).

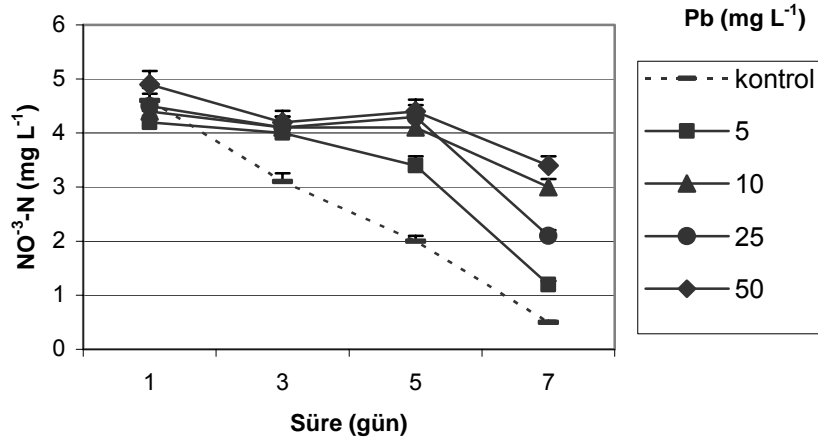


Şekil 4.102. *L. turionifera*'da Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.1.5. *L. turionifera*'da Pb Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.103'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.30'da gösterilmiştir.

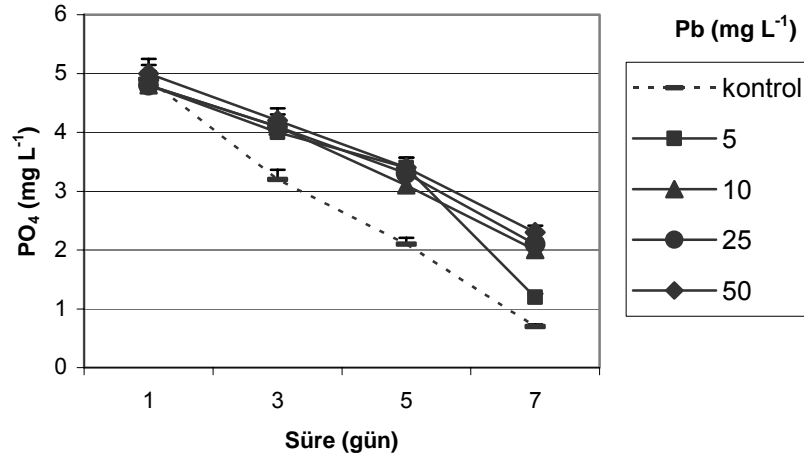
Pb konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 98,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,7 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.103 ve Tablo 4.30).



Şekil 4.103. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.1.6. *L. turionifera*'da Pb Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

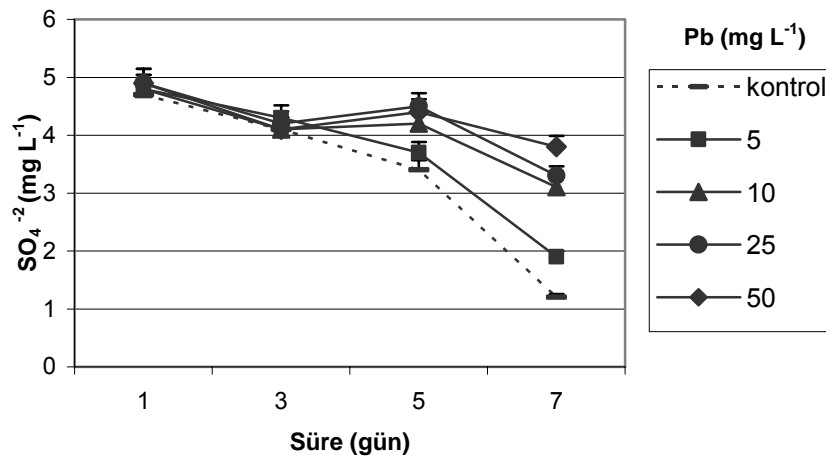
Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.104'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.30'da gösterilmiştir. Şekil 4.104 ve Tablo 4.30 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 94,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,1 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.104. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.1.7. *L. turionifera*'da Pb Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.105'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.30'da gösterilmiştir. Sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Pb konsantrasyonunun % 95,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 98,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 95,8 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.105 ve Tablo 4.30).



Şekil 4.105. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.30. Pb uygulanmış *L. turionifera* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Pb akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	1713	< 0,01	%83,9
Besin	1	3172	< 0,01	%99,8
Pb x Besin	3	789	<0,01	%75,6
Hata	20			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	23817	< 0,01	% 99,9
Besin	1	2961	< 0,01	% 99,5
Pb x Besin	3	1270	< 0,01	% 99,0
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	5971	< 0,01	% 99,6
Pb konsantrasyonu	3	8489	< 0,01	% 99,7
Besin	1	3174	< 0,01	% 98,0
Pb x süre	9	58	< 0,01	% 89,2
Pb x besin	3	531	< 0,01	% 96,1
Süre x besin	3	173	< 0,01	% 89,0
Pb x süre x besin	9	96	< 0,01	% 96,9
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1868	< 0,01	% 98,9
Pb konsantrasyonu	3	1868	< 0,01	% 98,9
Besin	1	313	< 0,01	% 83,0
Süre x Pb	9	26	< 0,01	% 79,0
Süre x besin	3	50	< 0,01	% 70,2
Pb x besin	3	33	< 0,01	% 60,7
Süre x Pb x Besin	9	33	< 0,01	% 82,6
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	786	< 0,01	% 97,4
Pb konsantrasyonu	3	1704	< 0,01	% 98,8
Besin	1	570	< 0,01	% 89,9
Pb x süre	9	46	< 0,01	% 86,7
Pb x besin	3	39	< 0,01	% 64,7
Süre x besin	3	116	< 0,01	% 84,5
Pb x süre x besin	9	25	< 0,01	% 78,4
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	510	< 0,01	% 98,1
Süre	3	1672	< 0,01	% 99,2
Pb x Süre	9	98	< 0,01	% 96,7
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Pb konsantrasyonu	3	180	< 0,01	% 94,7
Süre	3	2771	< 0,01	% 99,5
Pb x Süre	9	33	< 0,01	% 91,1
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	Sig	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Pb konsantrasyonu	3	191	< 0,01	% 95,0
Süre	3	1234	< 0,01	% 98,9
Pb x süre	9	75	< 0,01	% 95,8
Hata	36			

#### 4.3.2. *L. turionifera*'da Ni Akümülyasyonu

*L. turionifera*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Ni uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Ni miktarları Tablo 4.31'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.32'de gösterilmiştir. Tablo 4.31 ve Tablo 4.31 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun Ni alınımı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Ni alınımı üzerine % 92,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Ni alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 88,2 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

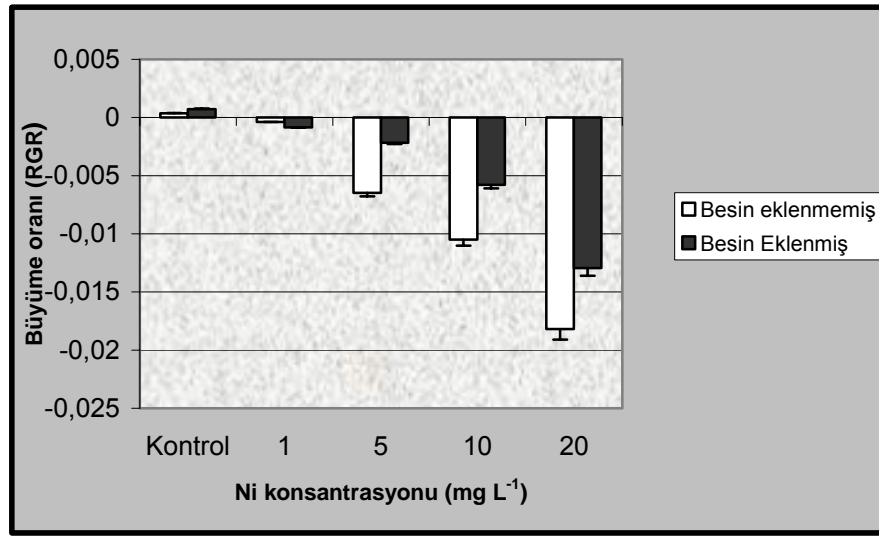
Tablo 4.31. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. turionifera* örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Ni Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş		Besin Eklenmiş			
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,14±0,01	0,11	0,25	0,17±0,02	0,12	0,23
<b>1</b>	77,1±1,5	74,1	79,9	62,3±3,5	57	69
<b>5</b>	337,5±4,3	330	345	273,3±10,1	257	292
<b>10</b>	678,1±4,5	669	685	537,3±5,8	528	548
<b>20</b>	970,3±8,6	957	986	937,3±6,6	925	948

##### 4.3.2.1 *L. turionifera*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.106'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.32'de

gösterilmiştir. Ni konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.106 ve Tablo 4.32).



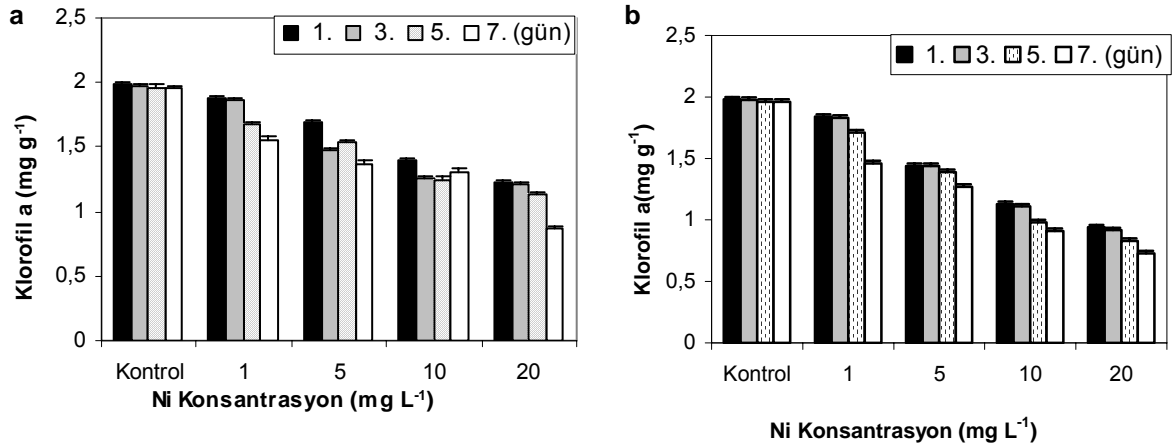
Şekil 4.106. *L. turionifera*'da yedi günlük Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.2.2 *L. turionifera*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.107'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.32'de gösterilmiştir. Şekil 4.107 ve Tablo 4.32 incelendiğinde klorofil a sürenin üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ni konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 97,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve



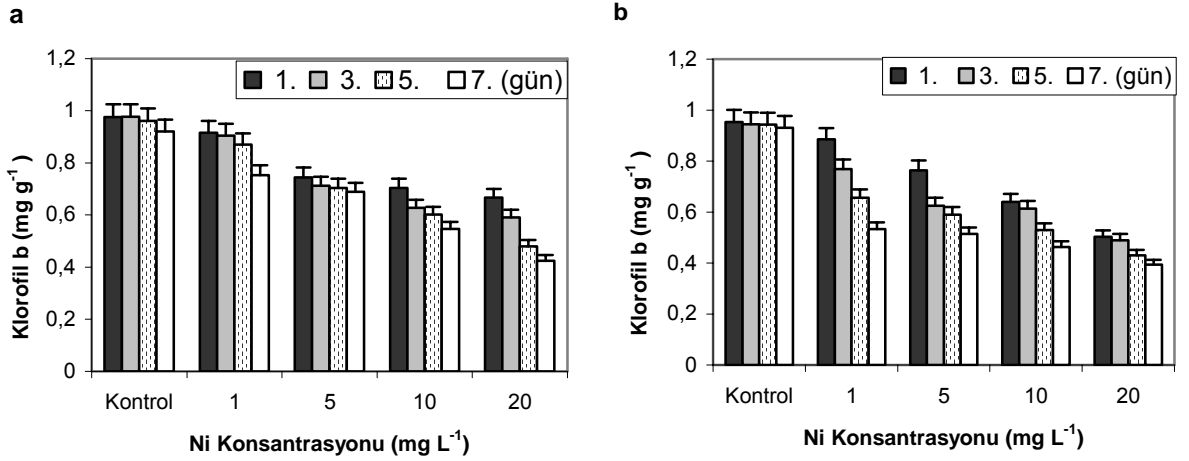
sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 77,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 94,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.107. *L. turionifera*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.2.3 *L. turionifera*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

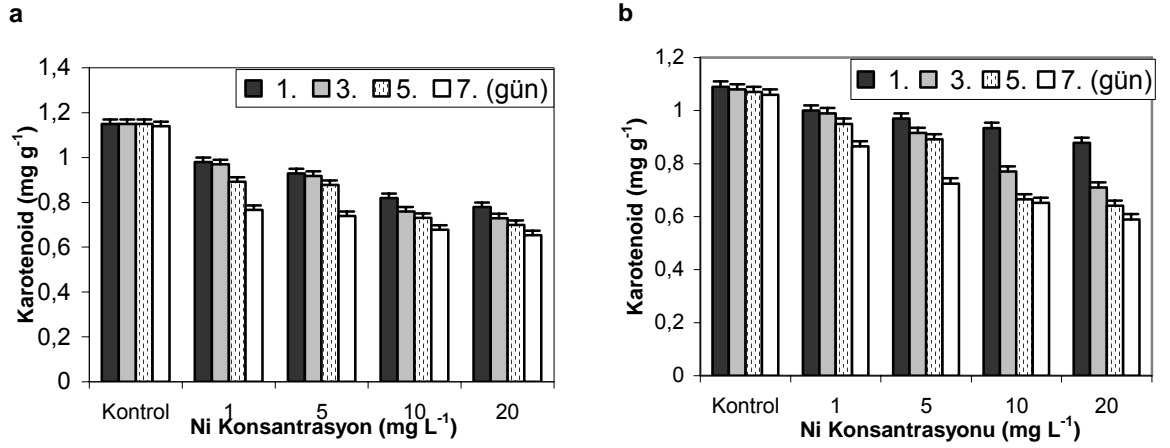
Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.108'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.32'de gösterilmiştir. Sürenin klorofil b üzerinde % 98,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 97,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ni konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,4 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 80,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 91,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.108 ve Tablo 4.32).



Şekil 4.108. *L. turionifera*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.2.4 *L. turionifera*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.109'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.32'de gösterilmiştir. Şekil 4.109 ve Tablo 4.32 incelendiğinde sürenin karotenoid üzerinde % 98,7 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Ni konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,1 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu Ni konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 30,5 ( $p < 0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,6 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 63,1 oranında ( $p < 0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 78,2 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 84,3 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

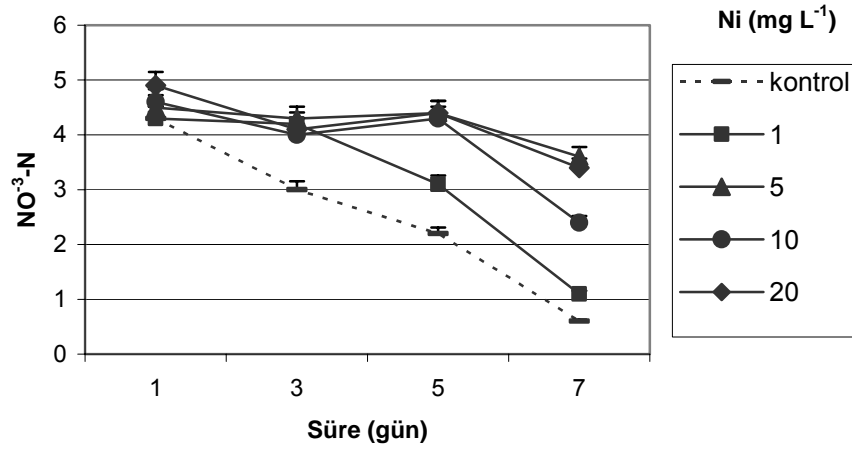


Şekil 4.109. *L. turionifera*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.2.5. *L. turionifera*'da Ni Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.110'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.32'de gösterilmiştir.

Ni konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 98.5 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 99.1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 97,0 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.110 ve Tablo 4.32).

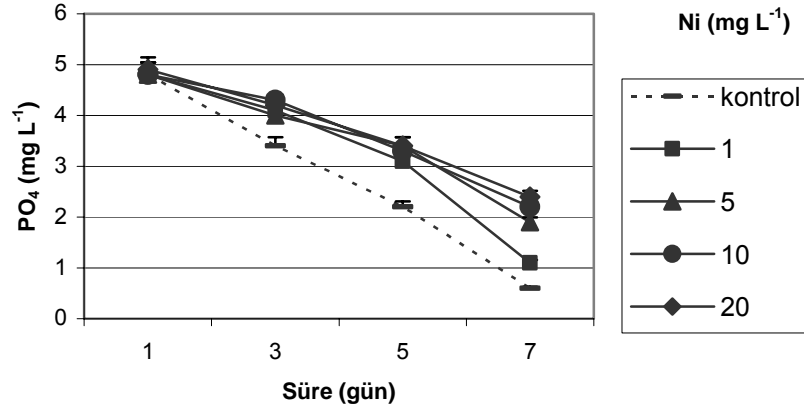


Şekil 4.110. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.3.2.6. *L. turionifera*'da Ni Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.111'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.32'de gösterilmiştir.

Şekil 4.111 ve Tablo 4.32 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 94,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,2 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

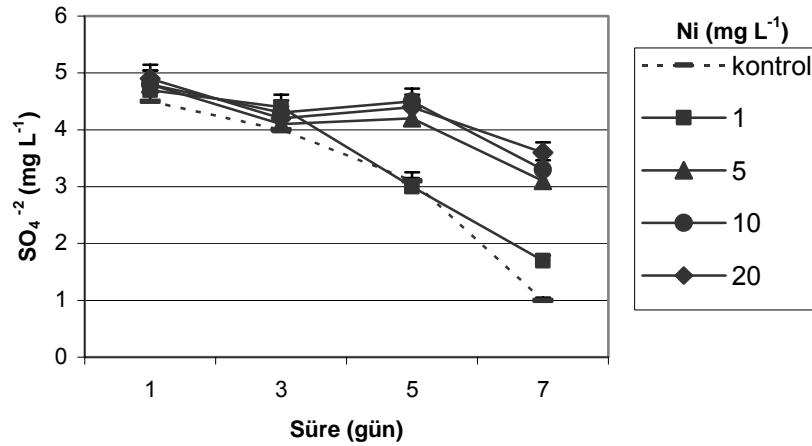


Şekil 4.111 Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.2.7. *L. turionifera*'da Ni Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.112'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.32'de gösterilmiştir.

Sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Ni konsantrasyonunun % 96,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 86,2 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.112 ve Tablo 4.32).



Şekil 4.112. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.32. Ni uygulanmış *L. turionifera* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Ni akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	7531	< 0,01	%99,9
Besin	1	205	< 0,01	%92,8
Ni x Besin	3	39	<0,01	%88,2
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni				
konsantrasyonu	3	24572	< 0,01	% 99,9
Besin	1	7245	< 0,01	% 99,8
Ni x Besin	3	1017	< 0,01	% 99,5
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2964	< 0,01	% 99,3
Ni konsantrasyonu	3	25461	< 0,01	%99,9
Besin	1	7038	< 0,01	% 99,1
Ni x süre	9	176	< 0,01	%96,1
Ni x besin	3	758	< 0,01	%97,3
Süre x besin	3	73	< 0,01	%77,4
Ni x süre x besin	9	112	< 0,01	%94,0
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1545	< 0,01	% 98,6
Ni konsantrasyonu	3	3552	< 0,01	% 99,4
Besin	1	2252	< 0,01	% 97,2
Süre x Ni	9	38	< 0,01	%84,5
Süre x besin	3	56	< 0,01	%72,6
Ni x besin	3	86	< 0,01	%80,2
Süre x Ni x Besin	9	72	< 0,01	%91,1
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1681	< 0,01	% 98,7
Ni konsantrasyonu	3	2381	< 0,01	%99,1
Besin	1	28	< 0,05	% 30,5
Ni x süre	9	61	< 0,01	%89,6
Ni x besin	3	36	< 0,05	%63,1
Süre x besin	3	76	< 0,01	%78,2
Ni x süre x besin	9	38	< 0,01	%84,3
Hata	64			
<b>NO<sup>-3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	664	< 0,01	%98,5
Süre	3	1426	< 0,01	%99,1
Ni x Süre	9	107	< 0,01	%97,0
Hata	36		< 0,01	

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	186	< 0,01	%94,9
Süre	3	2787	< 0,01	%99,5
Ni x Süre	9	34	< 0,01	%91,2
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	302	< 0,01	% 96,8
Süre	3	1314	< 0,01	% 99,0
Ni x süre	9	84	< 0,01	% 86,2
Hata	36			

#### 4.3.3. *L. turionifera*'da Co Akümülayonu

*L. turionifera*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Co uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Co miktarları Tablo 4.33'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.34'de gösterilmiştir. Tablo 4.33 ve Tablo 4.34 incelendiğinde Co konsantrasyonunun Co alınımı üzerinde % 95,9 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Co alınımı üzerine % 48,6 ( $p < 0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Co alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 13,4 oranında ( $p < 0,05$ ) anlamlı olmadığı gözlenmektedir.

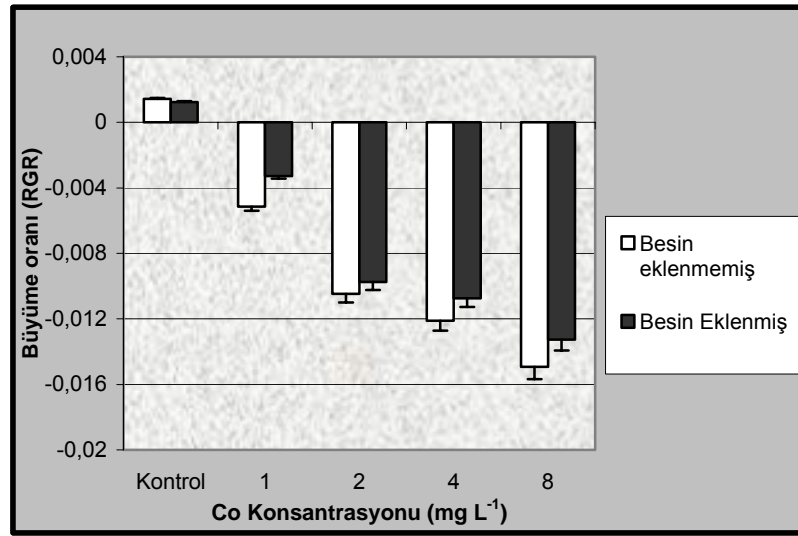
Tablo 4.33. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. turionifera* örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Co Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş		Besin Eklenmiş			
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,07±0,00	0,04	0,09	0,04±0,00	0,02	0,06
<b>1</b>	84,6±3,4	79	81	67,6±2,4	63	71
<b>2</b>	176±3,4	171	183	149±3,7	143	156
<b>4</b>	308±5,2	299	317	252±3,7	246	259
<b>8</b>	649±6,3	639	661	448±4,0	441	455

#### 4.3.3.1. *L. turionifera*'da Co Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.113'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.34'de

gösterilmiştir. Co konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 98,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 86,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.113 ve Tablo 4.34).



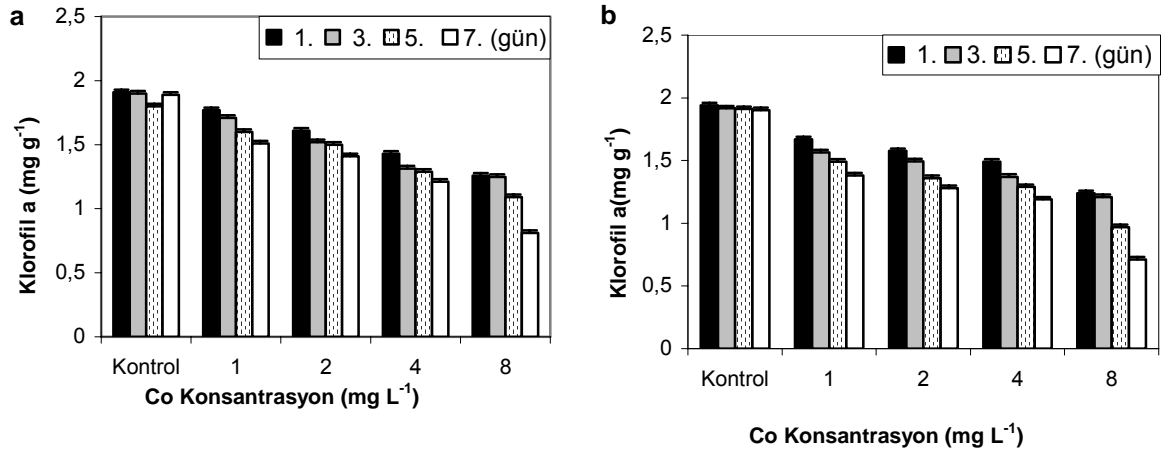
Şekil 4.113. *L. turionifera*'ya yedi günlük Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.3.2 *L. turionifera*'da Co Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.114'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.34'da gösterilmiştir. Klorofil a üzerinde sürenin % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 93,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Co konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,8 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 97,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 91,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında



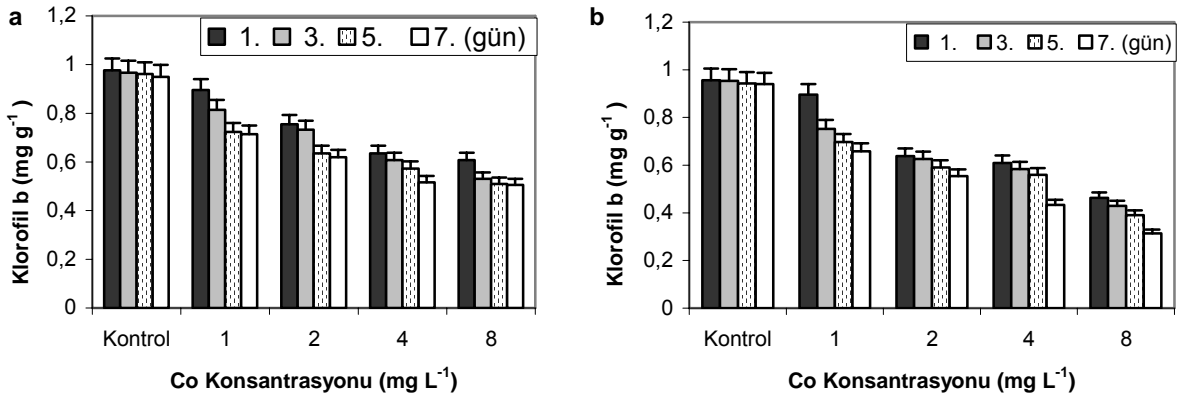
% 79,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 67,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.114 ve Tablo 4.34).



Şekil 4.114. *L. turionifera*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.3.3 *L. turionifera*'da Co Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

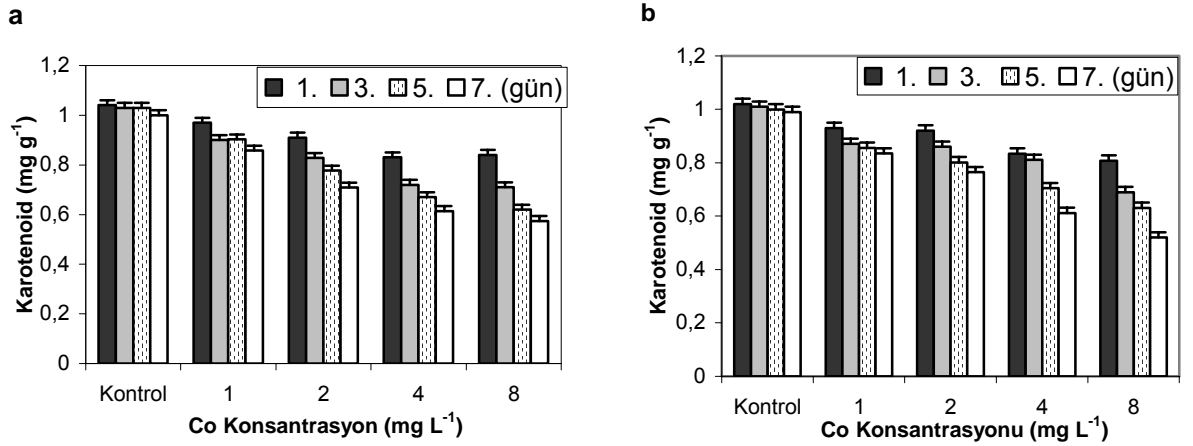
Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.115'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.34'de gösterilmiştir. Şekil 4.115 ve Tablo 4.34 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 95,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 92,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Co konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 98,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 70,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 87,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 58,0 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 63,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.115. *L. turionifera*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.3.4 *L. turionifera*'da Co Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

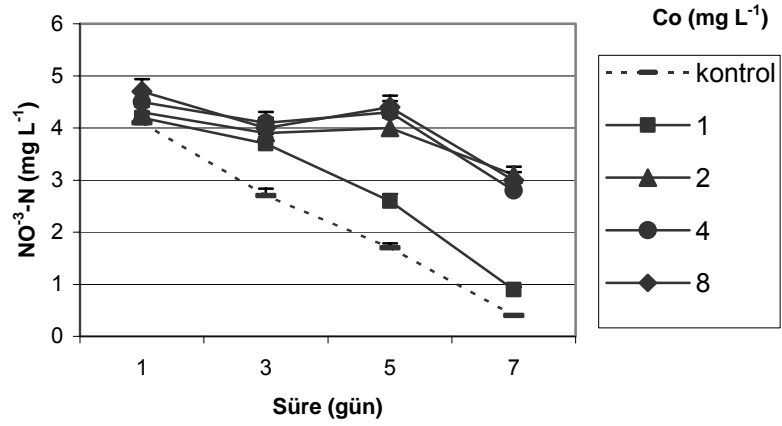
*L. turionifera*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Co uygulanmıştır. 1, 3, 5 ve 7. günlerde bitkilerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.116'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.34'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 98,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Co konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu Co konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 15,0 (p>0,01) oranında etkisiz olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,6 oranında (p<0,01) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 76,7 oranında (p<0,01) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 33,2 oranında (p<0,05) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 59,1 oranında (p<0,01) önemli olduğu görülmektedir (şekil 4.116 ve Tablo 4.34).



Şekil 4.116. *L. turionifera*'da Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.3.5. *L. turionifera*'da Co Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.117'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.34'de gösterilmiştir. Şekil 4.117 ve Tablo 4.34 incelendiğinde Co konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 97,5 (p<0,01) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 99,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,6 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir.

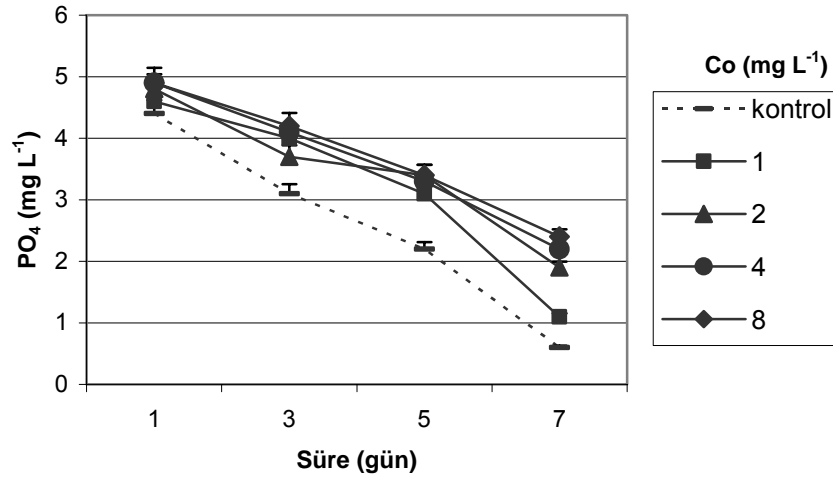


Şekil 4.117. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.3.6. *L. turionifera*'da Co Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.118'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.34'de gösterilmiştir.

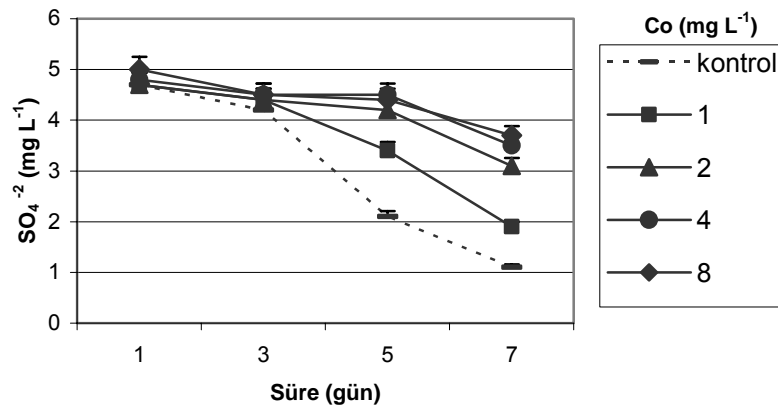
Co konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 98,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 97,0 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.118 ve Tablo4.34).



Şekil 4.118. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.3.8 *L. turionifera*'da Co Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.119'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.34'de gösterilmiştir. Şekil 4.119 ve Tablo 4.34 incelendiğinde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Co konsantrasyonunun % 96,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,0 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.119. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.34. Co uygulanmış *L. turionifera* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Co akümülyasyonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	1243	< 0,01	% 95,9
Besin	1	63,2	< 0,05	% 48,6
Co x Besin	3	2,3	<0,05	% 13,4
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	10485	< 0,01	% 99,8
Besin	1	1134	< 0,01	% 98,6
Co x Besin	3	34	< 0,01	% 86,6
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	4560	< 0,01	% 99,5
Co konsantrasyonu	3	11968	< 0,01	% 99,8
Besin	1	937	< 0,01	% 93,6
Co x süre	9	260	< 0,01	% 97,3
Co x besin	3	223	< 0,01	% 91,3
Süre x besin	3	81	< 0,01	% 79,2
Co x süre x besin	9	14	< 0,01	% 67,1
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	485	< 0,01	% 95,8
Co konsantrasyonu	3	1846	< 0,01	% 98,9
Besin	1	813	< 0,01	% 92,7
Süre x Co	9	17	< 0,01	%70,8
Süre x besin	3	29	< 0,05	%58,0
Co x besin	3	147	< 0,01	%87,4
Süre x Co x Besin	9	12	< 0,01	%63,4
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1659	< 0,01	% 98,7
Co konsantrasyonu	3	2289	< 0,01	% 99,1
Besin	1	0,9	> 0,01	% 15,0
Co x süre	9	68	< 0,01	% 90,6
Co x besin	3	70	< 0,01	% 76,7
Süre x besin	3	11	< 0,05	% 33,2
Co x süre x besin	9	10	< 0,01	% 59,1
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	397	< 0,01	%97,5
Süre	3	1297	< 0,01	%99,0
Co x Süre	9	96	< 0,01	%96,6
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Co konsantrasyonu	3	624	< 0,01	%98,4
Süre	3	1560	< 0,01	%99,2
Co x Süre	9	106	< 0,01	%97,0
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Co konsantrasyonu	3	175	< 0,01	%96,4
Süre	3	3015	< 0,01	%99,1
Co x süre	9	41	< 0,01	%91,0
Hata	36			

#### 4.3.4. *L. turionifera*'da Cr Akümülyasyonu

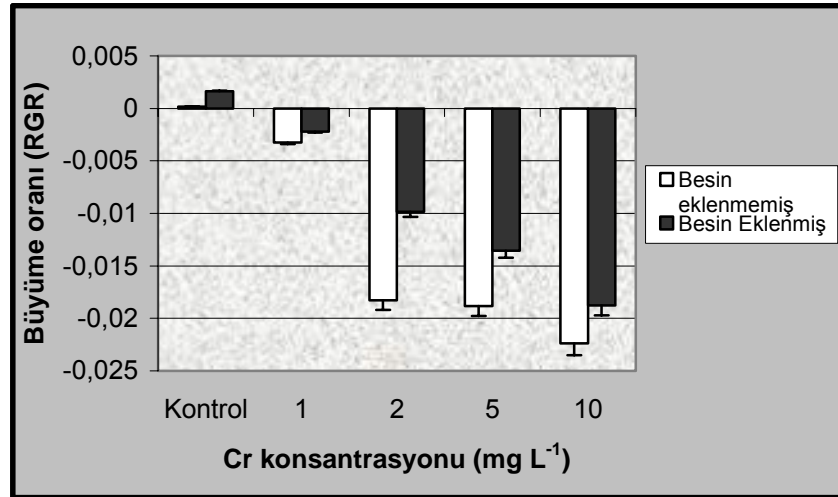
*L. turionifera*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cr uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Cr miktarları Tablo 4.35'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.36'da gösterilmiştir. Tablo 4.35 ve Tablo 4.36 incelendiğinde Cr konsantrasyonunun Cr alınımı üzerinde % 99,2 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Cr alınımı üzerine % 54,2 ( $p < 0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cr alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 18,0 oranında ( $p > 0,01$ ) anlamlı olmadığı gözlenmektedir.

Tablo 4.35. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. turionifera* örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Cr Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş		Besin Eklenmiş			
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,04±0,01	0,02	0,08	0,03±0,00	0,04	0,09
<b>1</b>	60,9±5,2	51	69	47,6±2,2	43	51
<b>2</b>	114,6±6,4	103	125	107,6±9,2	91	123
<b>5</b>	276,7±8,7	261	291	243,0±11,6	221	261
<b>10</b>	561,4±6,9	549	573	441,1±5,7	431	451

#### 4.3.4.1 *L. turionifera*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.120'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.36'da gösterilmiştir. Cr konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.120 ve Tablo 4.36).



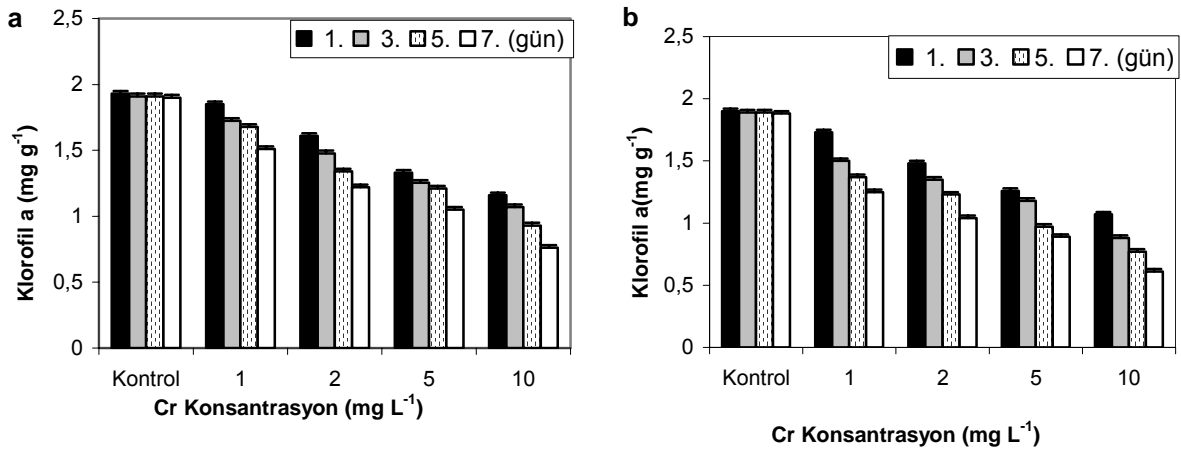
Şekil 4.120. *L. turionifera*'ya yedi günlük Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.4.2 *L. turionifera*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.121'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.36'da gösterilmiştir. Şekil 4.121 ve Tablo 4.36 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cr konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon



ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 84,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 85,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 84,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

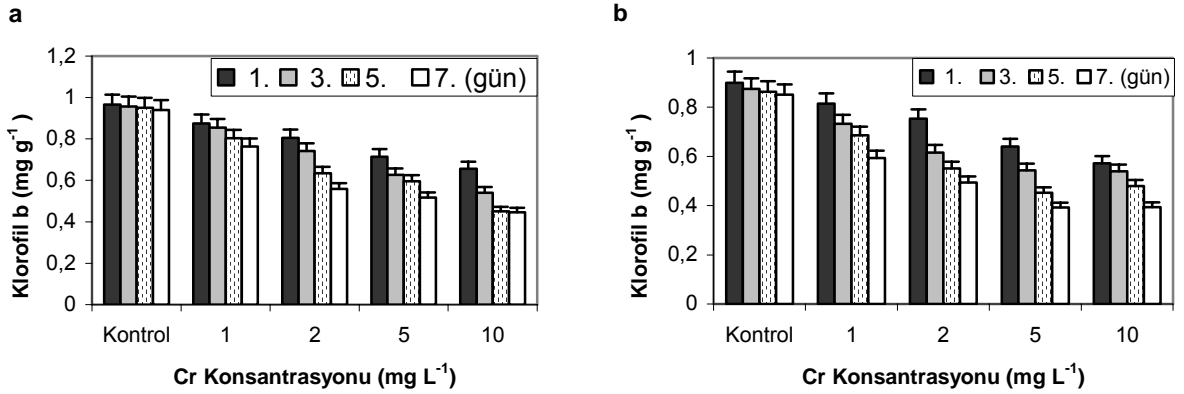


Şekil 4.121. *L. turionifera*'ya Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.4.3 *L. turionifera*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.122'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.36'da gösterilmiştir. Sürenin klorofil b üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 96,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Cr konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,3 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 81,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında

% 41,6 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 80,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.122 ve Tablo 4.36).

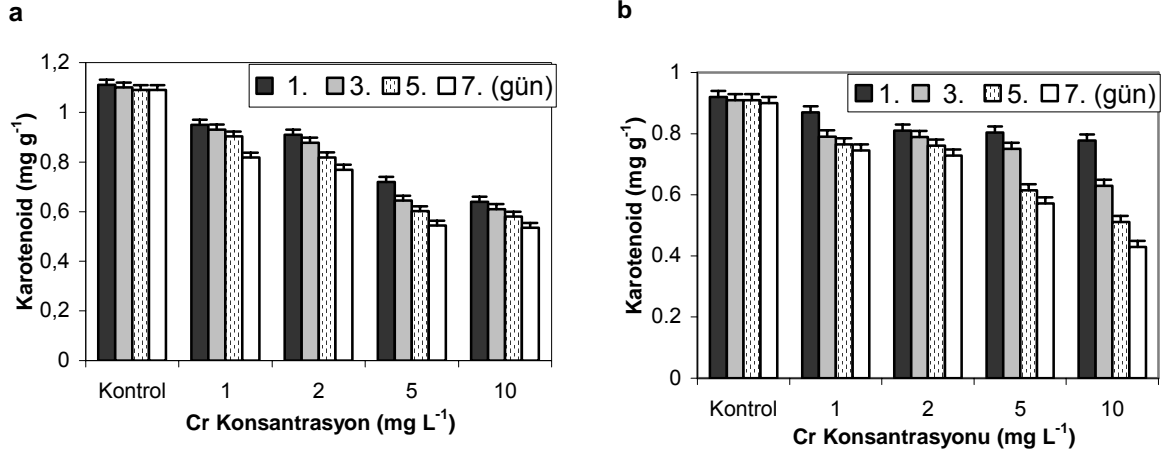


Şekil 4.122. *L. turionifera*'da Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.4.4. *L. turionifera*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.123'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.36'da gösterilmiştir. Şekil 4.123 ve Tablo 4.36 incelendiğinde karotenoid üzerinde sürenin % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cr konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cr konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 96,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 85,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 73,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin

eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 92,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

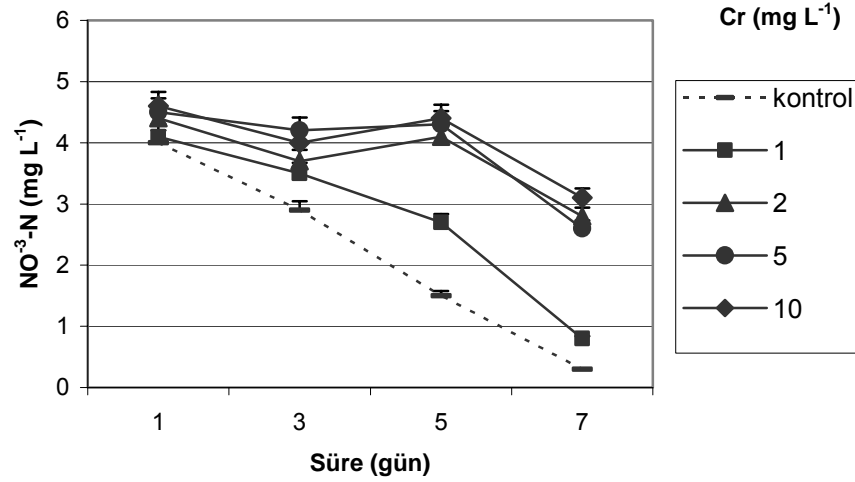


Şekil 4.123. *L. turionifera*'da Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.4.5 *L. turionifera*'da Cr Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.124'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.36'da gösterilmiştir.

Şekil 4.124 ve Tablo 4.36 incelendiğinde Cr konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,4 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

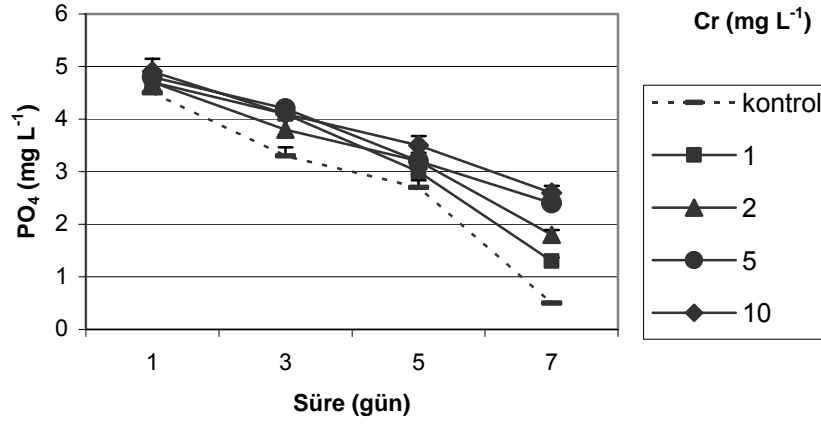


Şekil 4.124. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.4.6 *L. turionifera*'da Cr Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$ , değişimleri Şekil 4.125'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.36'da gösterilmiştir.

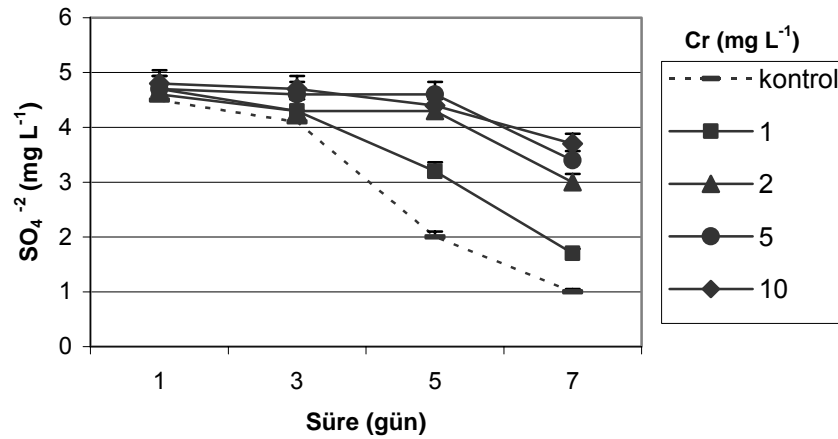
Cr konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 95,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,0 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.125 ve Tablo 4.36).



Şekil 4.125. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.4.7 *L. turionifera*'da Cr Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, değişimleri Şekil 4.126'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.126 ve Tablo 4.36 incelendiğinde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Pb konsantrasyonunun % 98,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,6 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.126. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.36. Cr uygulanmış *L. turionifera* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cr akümülyasyonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	622	< 0,01	% 99,2
Besin	1	18	< 0,05	% 54,2
Cr x Besin	3	1,2	>0,01	% 18,0
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	34862	< 0,01	% 99,9
Besin	1	12696	< 0,01	% 99,9
Cr x Besin	3	1483	< 0,01	% 99,6
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	6942	< 0,01	% 99,7
Cr konsantrasyonu	3	19970	< 0,01	% 99,9
Besin	1	6406	< 0,01	% 99,0
Cr x süre	9	33	< 0,01	% 82,5
Cr x besin	3	119	< 0,01	% 84,9
Süre x besin	3	127	< 0,01	% 85,6
Cr x süre x besin	9	39	< 0,01	% 84,6
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1974	< 0,01	% 98,9
Cr konsantrasyonu	3	2983	< 0,01	%99,3
Besin	1	1708	< 0,01	% 96,4
Süre x Cr	9	17	< 0,01	%71,3
Süre x besin	3	15	< 0,05	%41,6
Cr x besin	3	91	< 0,01	%81,0
Süre x Cr x Besin	9	30	< 0,01	%80,8
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1850	< 0,01	% 98,9
Cr konsantrasyonu	3	3310	< 0,01	%99,4
Besin	1	1780	< 0,01	% 96,5
Cr x süre	9	42	< 0,01	%85,6
Cr x besin	3	2025	< 0,01	%99,0
Süre x besin	3	59	< 0,01	%73,8
Cr x süre x besin	9	93	< 0,01	%92,9
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	770	< 0,01	%98,7
Süre	3	1513	< 0,01	%99,1
Cr x Süre	9	89	< 0,01	%96,4
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cr konsantrasyonu	3	190	< 0,01	%95,0
Süre	3	2444	< 0,01	%99,5
Cr x Süre	9	33	< 0,01	%91,0
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cr konsantrasyonu	3	176	< 0,01	%98,0
Süre	3	2765	< 0,01	%99,0
Cr x süre	9	21	< 0,01	%96,6
Hata	36			

#### 4.3.5. *L. turionifera*'da Cd Akümülyasyonu

*L. turionifera*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cd uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki kadmiyum miktarları Tablo 4.37'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.38'de gösterilmiştir. Tablo 4.37 ve Tablo 4.38 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun Cd alınımı üzerinde % 99,9 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de Cd alınımı üzerine % 95,5 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cd alınımının daha yüksek olduğu. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 97,9 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

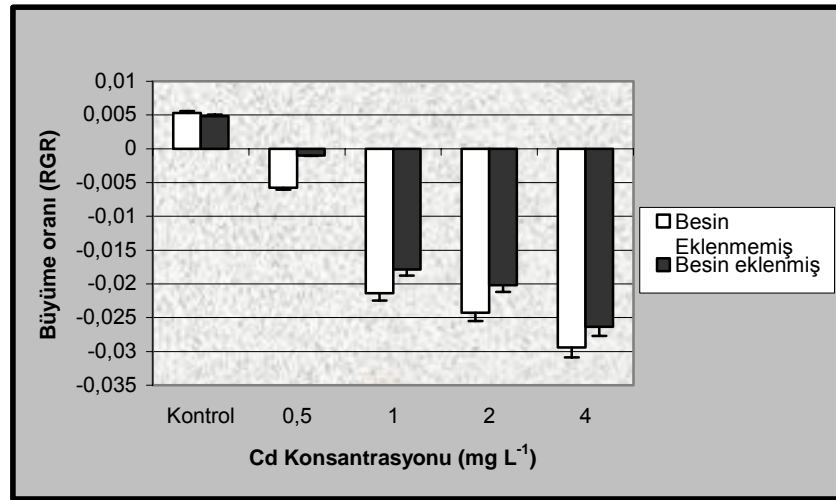
Tablo 4.37. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. turionifera* örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Cd Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş		Besin Eklenmiş			
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,10±0,01	0,07	0,14	0,08±0,00	0,05	0,13
<b>0.5</b>	353,1±5,5	342,6	361,4	326,7±7,6	315,3	341,3
<b>1</b>	608,5±7,0	597	621	733,8±6,2	724	745
<b>2</b>	1223±6,0	1213	1234	876,3±5,5	865	884
<b>4</b>	3069±7,6	3056	3082	2078±12,3	2053	2092

#### 4.3.5.1. *L. turionifera*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.127'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.38'de

gösterilmiştir. Cd konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 94,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.127 ve Tablo 4.38).



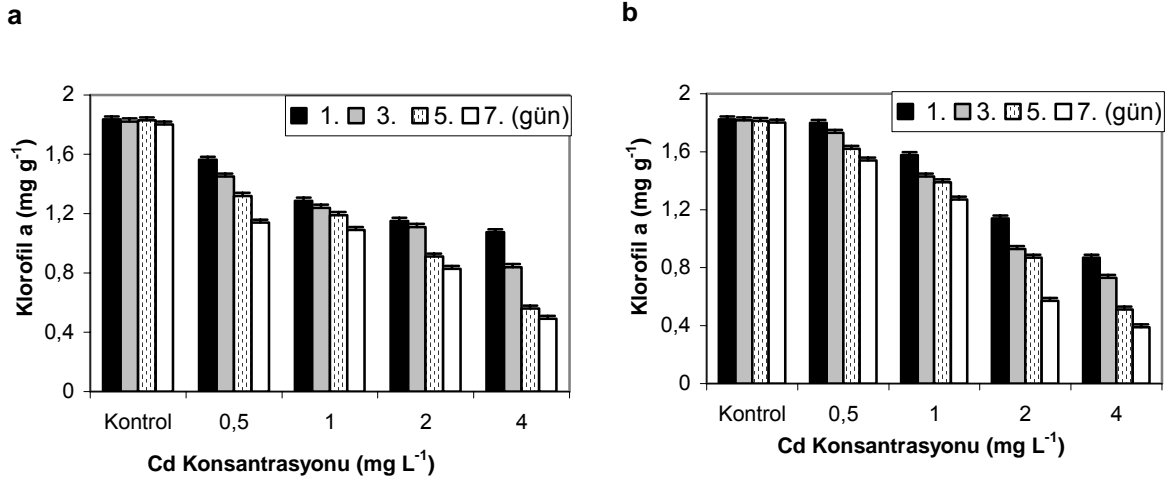
Şekil 4.127. *L. turionifera*'ya yedi günlük Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.5.2 *L. turionifera*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.128'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.38'de gösterilmiştir. Şekil 4.128 ve Tablo 4.38 incelendiğinde klorofil a üzerinde Cd konsantrasyonunun % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 99,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Süreninde klorofil a üzerinde % 99,5 oranında etkili olduğu ( $p<0,01$ ) süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 94,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 90,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olmadığı gözlenmektedir.

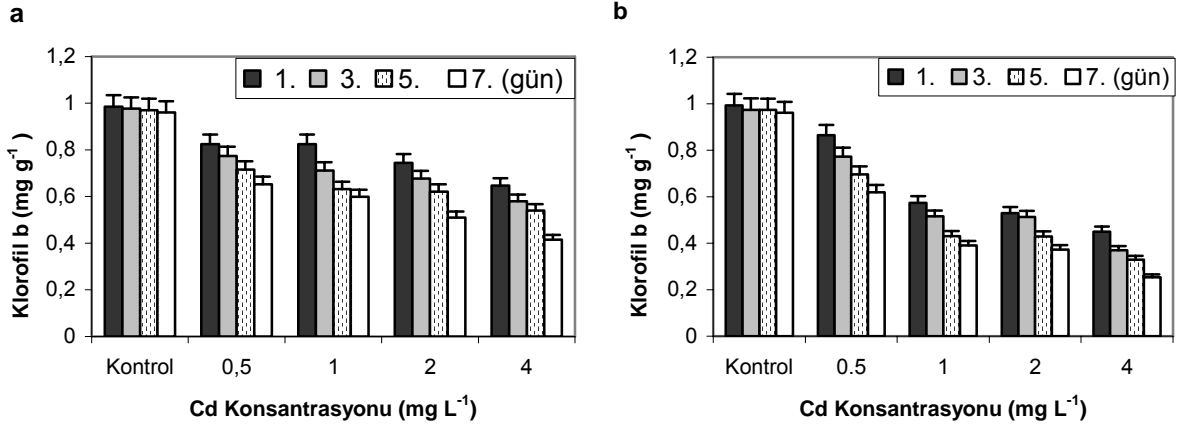


Şekil 4.128. *L. turionifera*'da Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.5.3 *L. turionifera*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.129'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.38'de gösterilmiştir. Şekil 4.129 ve Tablo 4.38 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cd konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,4 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 63,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 96,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 18,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 64,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

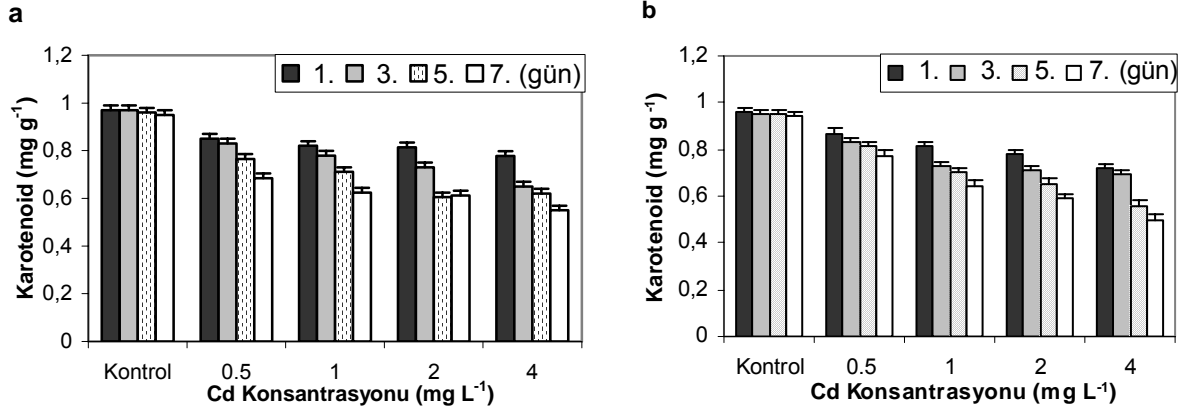


Şekil 4.129. *L. turionifera*'ya Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.5.4 *L. turionifera*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.130'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.38'de gösterilmiştir. Şekil 4.130 ve Tablo 4.38 incelendiğinde sürenin karotenoid üzerinde % 98,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cd konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cd konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 2,0 ( $p>0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 80,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 72,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 35,5 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve

besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 78,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

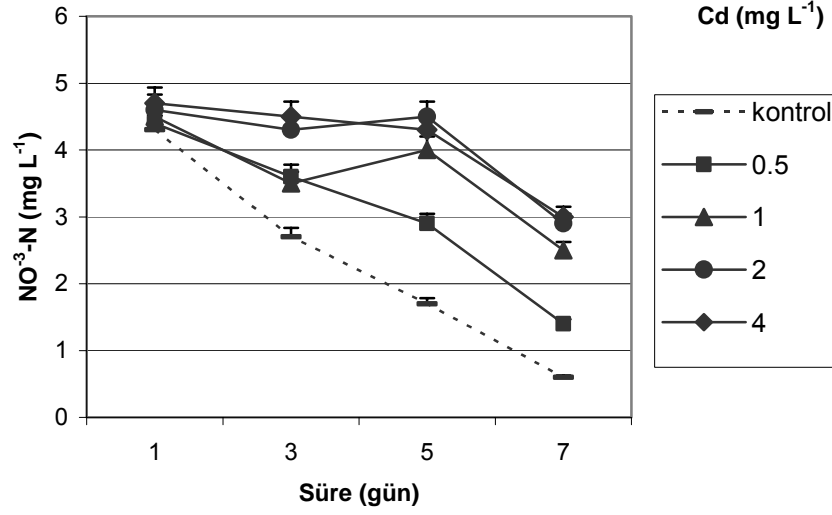


Şekil 4.130. *L. turionifera*'ya Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.5.5 *L. turionifera*'da Cd Uygulanmış Örneklerin NO<sup>-3</sup>-N Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>-3</sup>-N değişimleri Şekil 4.131'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.38'de gösterilmiştir.

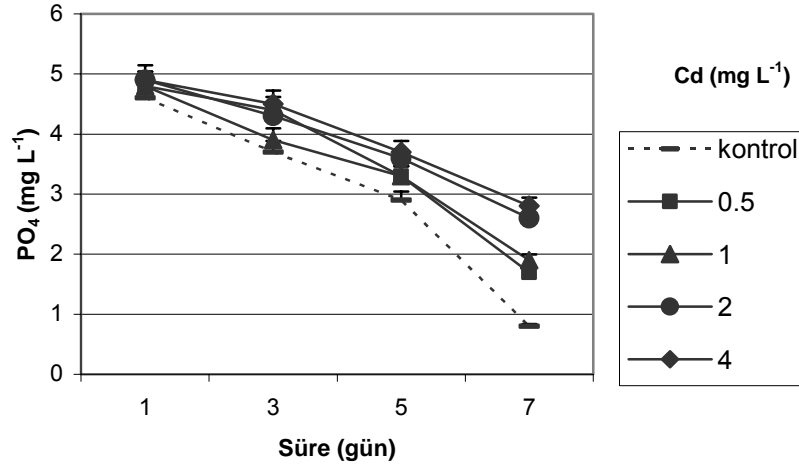
Şekil 4.131 ve Tablo 4.38 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerinde % 98,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerine % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 95,5 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.131. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.3.5.6. *L. turionifera*'da Cd Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

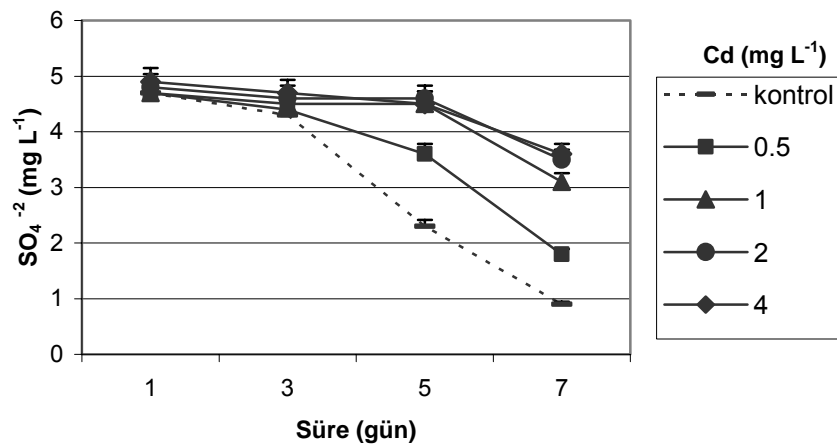
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.132'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.38'de gösterilmiştir. Cd konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 94,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,6 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.132 ve Tablo 4.38).



Şekil 4.132. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.5.7. *L. turionifera*'da Cd Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.133'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.38'de gösterilmiştir. Şekil 4.133 ve Tablo 4.38 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 97,6 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,8 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.133. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.38. Cd uygulanmış *L. turionifera* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cd akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	10231	< 0,01	% 99,9
Besin	1	341	< 0,01	% 95,5
Cd x Besin	3	253	<0,01	% 97,9
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	72338	< 0,01	% 99,9
Besin	1	9660	< 0,01	% 99,8
Cd x Besin	3	100	< 0,01	% 94,9
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	11242	< 0,01	% 99,5
Cd konsantrasyonu	3	30669	< 0,01	% 99,9
Besin	1	2137	<0,01	% 99,6
Cd x süre	9	223	< 0,01	% 90,4
Cd x besin	3	3840	< 0,01	% 99,8
Süre x besin	3	54	<0,01	% 94,2
Cd x süre x besin	9	71	<0,01	% 90,3
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>Df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1864	< 0,01	% 98,9
Cd konsantrasyonu	3	3537	< 0,01	% 99,4
Besin	1	5221	< 0,01	% 98,8
Süre x Cd	9	12	< 0,01	% 63,4
Süre x besin	3	4,7	< 0,05	% 18,2
Cd x besin	3	573	< 0,01	% 96,4
Süre x Cd x Besin	9	12	< 0,01	% 64,5
Hata	64		<b>Sig,</b>	
<b>Karotenoid</b>	<b>Df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1538	< 0,01	% 98,6
Cd konsantrasyonu	3	1219	< 0,01	% 98,3
Besin	1	1,5	> 0,05	% 2,0
Cd x süre	9	29	< 0,01	% 80,3
Cd x besin	3	56	< 0,01	% 72,5
Süre x besin	3	11	< 0,05	% 35,5
Cd x süre x besin	9	26	< 0,01	% 78,8
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>Df</b>	<b>F</b>		<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	717	< 0,01	% 98,6
Süre	3	1577	< 0,01	% 99,2
Cd x Süre	9	70	< 0,01	% 95,5
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cd konsantrasyonu	3	173	< 0,01	% 94,5
Süre	3	2248	< 0,01	% 99,4
Cd x Süre	9	28	< 0,01	% 89,6
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cd konsantrasyonu	3	414	< 0,01	% 97,6
Süre	3	1418	< 0,01	% 99,1
Cd x süre	9	101	< 0,01	% 96,8
Hata	36			

#### 4.3.6. *L. turionifera*'da Zn Akümülyasyonu

*L. turionifera*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Zn uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Zn miktarları ve standart hata değerleri Tablo 4.39'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.40'da gösterilmiştir. Tablo 4.39 ve Tablo 4.40 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun Zn alınımı üzerinde % 99,9 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Zn alınımı üzerine % 99,2 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Zn alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,2 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

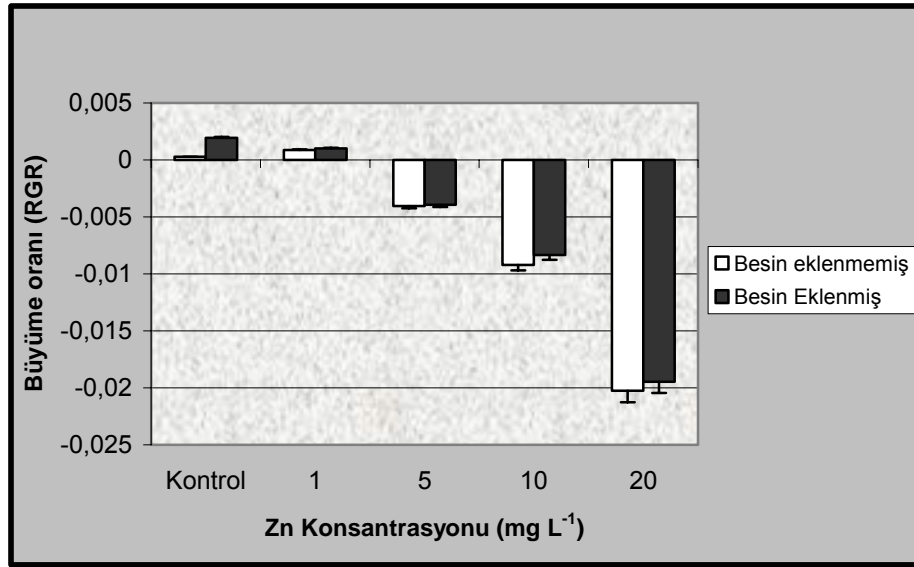
Tablo 4.39. *L. turionifera*'da besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki Zn miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Zn Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,06±0,01	0,04	0,12	0,07±0,00	0,05	0,14
<b>1</b>	315±6,0	305	326	267±6,9	256	280
<b>5</b>	763±5,2	757	774	633±6,1	624	645
<b>10</b>	1213±6,2	1204	1225	1145±4,6	1137	1153
<b>20</b>	2363±5,5	2354	2373	1875±5,4	1875	1883

#### 4.3.6.1. *L. turionifera*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.134'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.40'da

gösterilmiştir. Zn konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 95,0 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 2,0 ( $p>0,05$ ) oranında etkili olmadığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 31,4 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.134 ve Tablo 4.40).



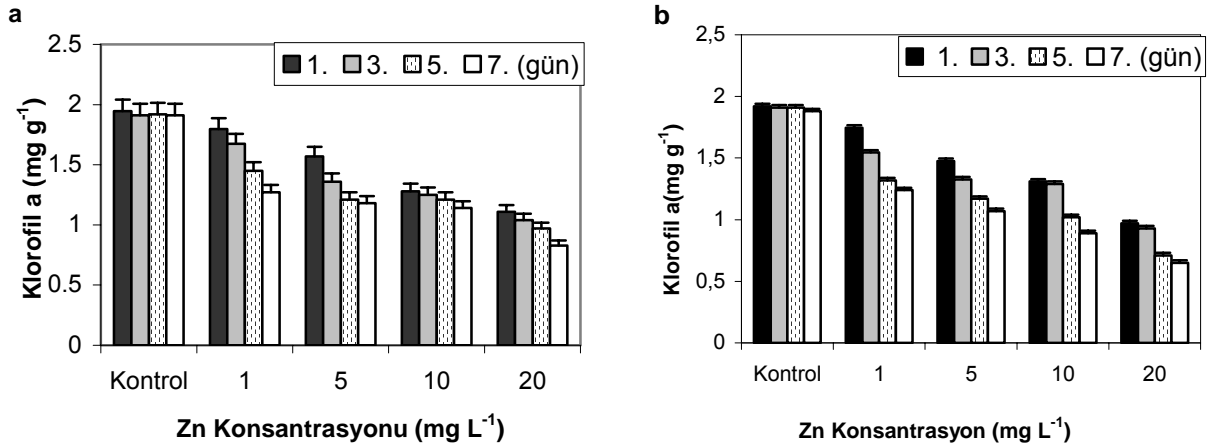
Şekil 4.134. *L. turionifera*'da yedi günlük Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.6.2. *L. turionifera*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.135'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.40'da gösterilmiştir. Şekil 4.135 ve Tablo 4.40 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 97,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 85,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin



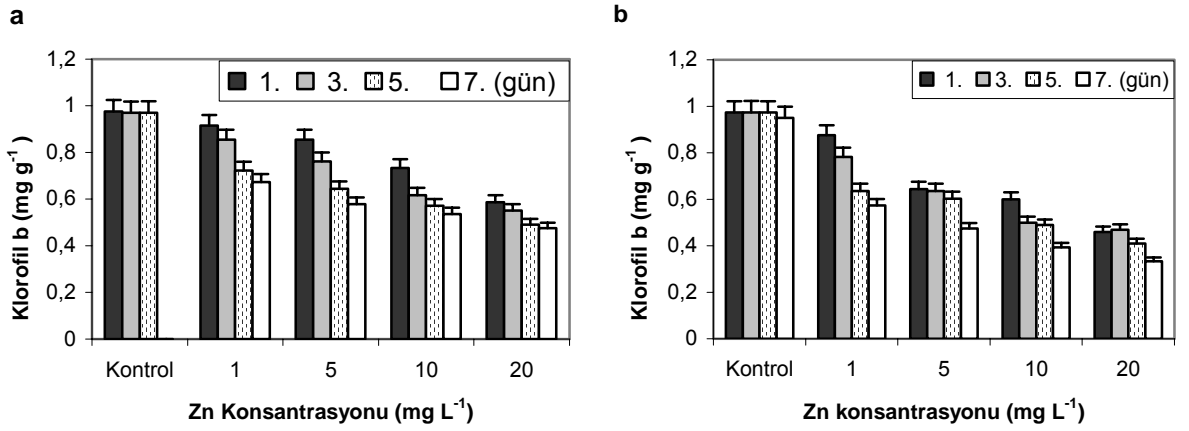
eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 93,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.135. *L. turionifera*'ya Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.6.3. *L. turionifera*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

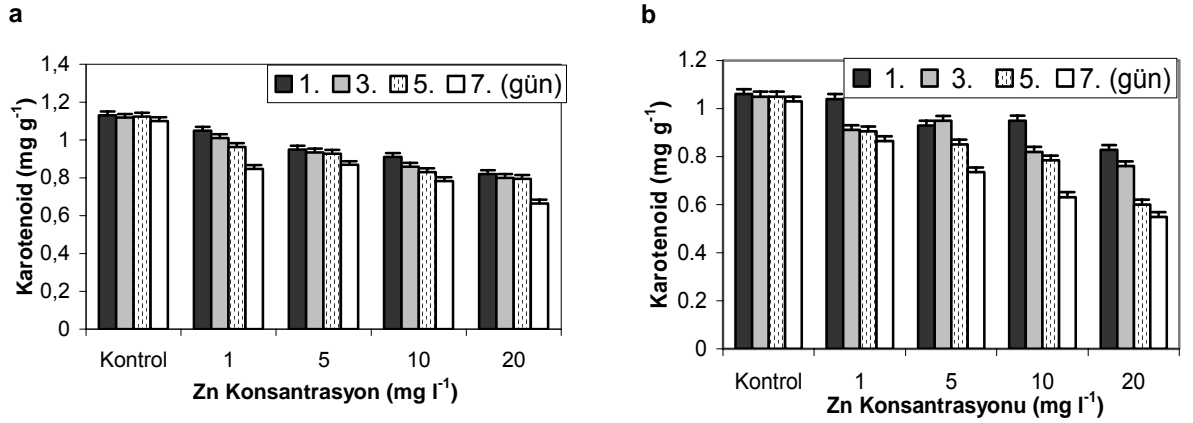
Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.136'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.40'da gösterilmiştir. Şekil 4.136 ve Tablo 4.40 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 97,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,4 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 58,9 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 68,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 76,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.136. *L. turionifera*'ya Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.6.5. *L. turionifera*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

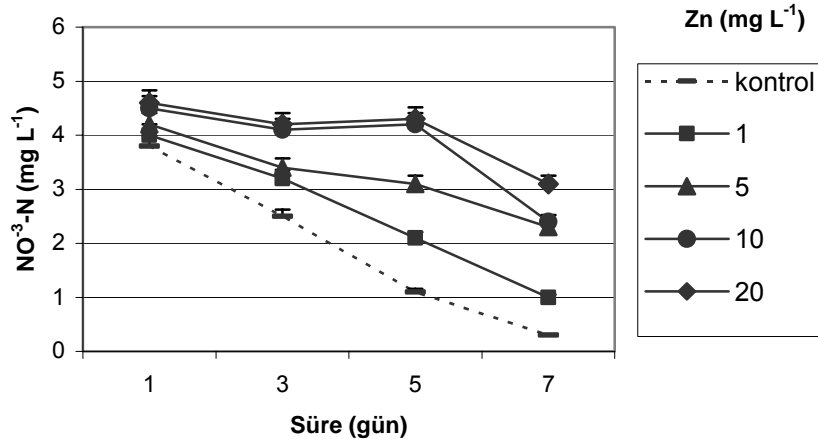
Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.137'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.40'da gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 98,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Zn konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu Zn konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 92,5 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 81,4 oranında (p<0,01) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 53,0 oranında (p<0,05) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 87,4 oranında (p<0,01) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 89,7 oranında (p<0,01) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.137 ve Tablo 4.40).



Şekil 4.137. *L. turionifera*'ya Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.6.5 *L. turionifera*'da Zn Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

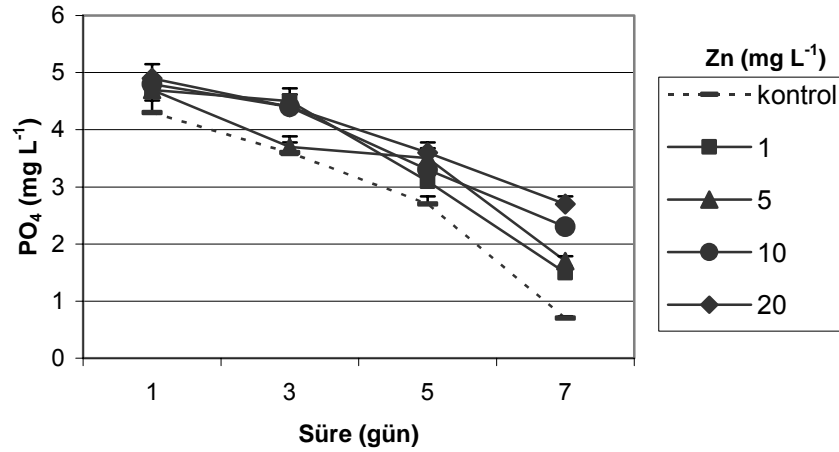
Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.138'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.40'da gösterilmiştir. Zn konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 98,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 99,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 95,5 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.138 ve Tablo 4.40).



Şekil 4.138. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.3.6.6 *L. turionifera*'da Zn Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.139'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.40'da gösterilmiştir. Şekil 4.139 ve Tablo 4.40 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 95,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,2 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

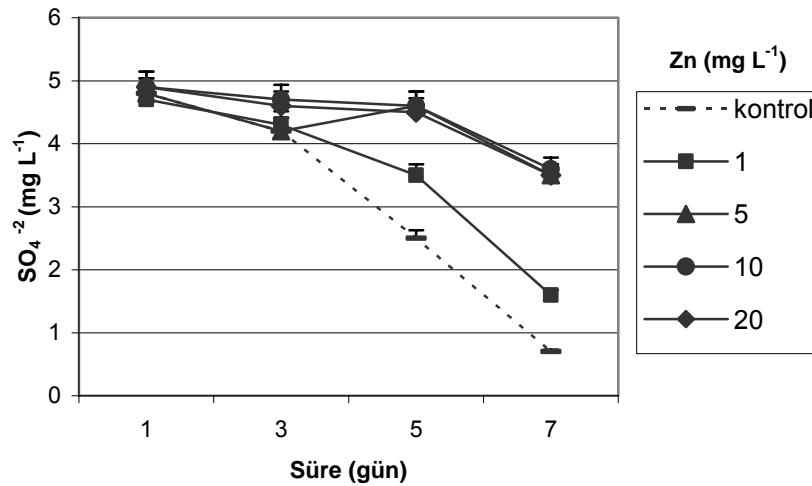


Şekil 4.139. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.6.8 *L. turionifera*'da Zn Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.140'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.40'da gösterilmiştir.

Zn konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 97,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 97,3 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.140 ve Tablo 4.40).



Şekil 4.140. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.40. Zn uygulanmış *L. turionifera* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Zn akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	36531	< 0,01	% 99,9
Besin	1	1981	< 0,01	% 99,2
Zn x Besin	3	624	<0,01	% 99,2
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	102	< 0,01	% 95,0
Besin	1	0,3	> 0,05	% 2,0
Zn x Besin	3	2,4	< 0,01	% 31,4
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	6765	< 0,01	% 99,7
Zn konsantrasyonu	3	15262	< 0,01	% 99,9
Besin	1	2614	<0,01	% 97,6
Zn x süre	9	169	<0,01	% 96,0
Zn x besin	3	130	<0,01	% 85,9
Süre x besin	3	159	<0,01	% 88,2
Zn x süre x besin	9	100	<0,01	% 93,4
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1913	< 0,01	% 98,9
Zn konsantrasyonu	3	3517	< 0,01	% 99,4
Besin	1	2677	< 0,01	% 97,7
Süre x Zn	9	72	< 0,01	%91,1
Süre x besin	3	45	< 0,01	%68,2
Zn x besin	3	30	< 0,05	%58,9
Süre x Zn x Besin	9	22	< 0,01	%76,3
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1580	< 0,01	% 98,7
Zn konsantrasyonu	3	2191	< 0,01	%99,0
Besin	1	792	< 0,01	% 92,5
Zn x süre	9	31	< 0,01	%81,4
Zn x besin	3	24	< 0,05	%53,0
Süre x besin	3	148	< 0,01	%87,4
Zn x süre x besin	9	61	< 0,01	%89,7
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	920	< 0,01	%98,9
Süre	3	1527	< 0,01	%99,1
Zn x Süre	9	71	< 0,01	%95,5
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Zn konsantrasyonu	3	190	< 0,01	%95,0
Süre	3	2401	< 0,01	%99,4
Zn x Süre	9	30	< 0,01	%90,2
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Zn konsantrasyonu	3	451	< 0,01	%97,8
Süre	3	1445	< 0,01	%99,1
Zn x süre	9	118	< 0,01	%97,3
Hata	36			

#### 4.3.7. *L. turionifera*'da Cu Akümülyasyonu

*L. turionifera*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cu uygulanmıştır. Süre sonunda bitkilerdeki Cu miktarları Tablo 4.41'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.42'de gösterilmiştir. Tablo 4.41 ve Tablo 4.42 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun Cu alınımı üzerinde % 99,9 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de Cu alınımı üzerine % 97,7 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cu alınımının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 78,5 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

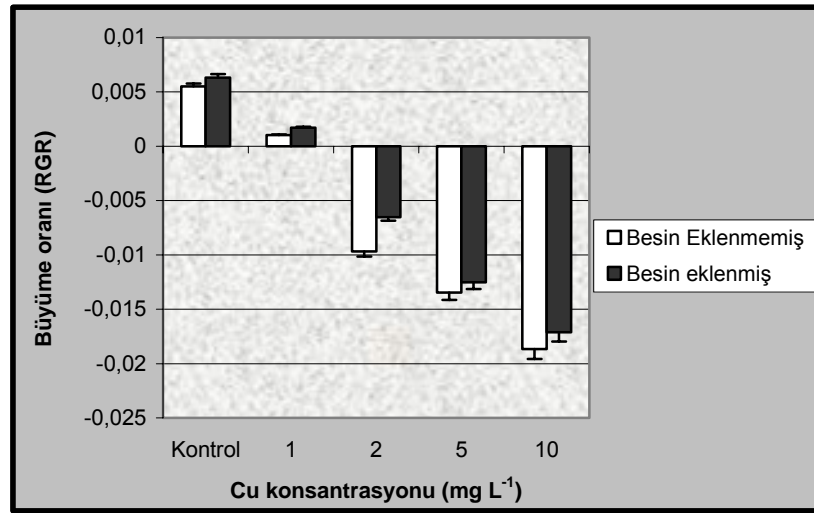
Tablo 4.41. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. turionifera* örneklerindeki Cu miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Cu Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,04±0,00	0,02	0,09	0,05±0,01	0,02	0,11
<b>1</b>	61,4±7,1	47	71	67,8±6,0	57	78
<b>2</b>	231,9±9,3	214	246	203,8±4,4	197	212
<b>5</b>	978,8±29,1	933	1032	766,6±9,0	754	784
<b>10</b>	2129,4±17,8	2094	2151	1343±8,4	1327	1356

##### 4.3.7.1. *L. turionifera*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.141'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.42'de

gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 97,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.141 ve Tablo 4.42).



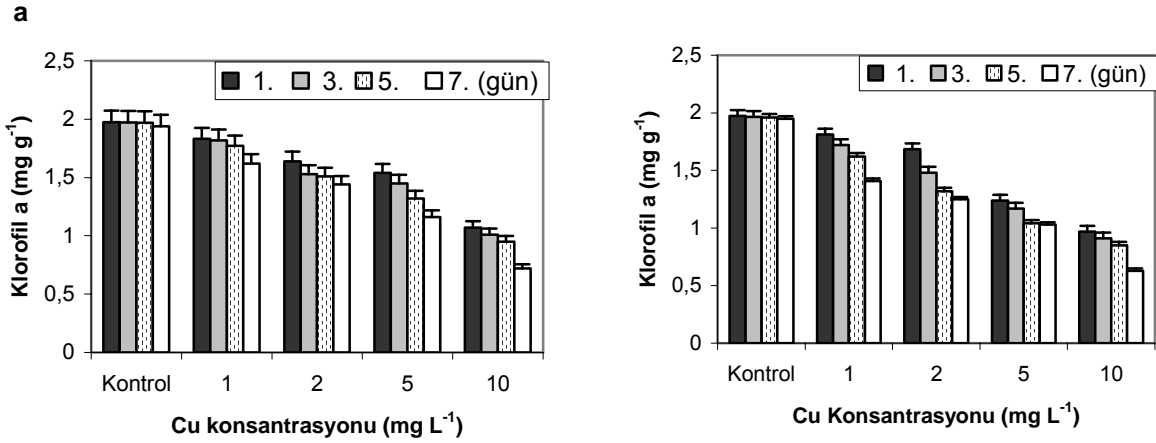
Şekil 4.141. *L. turionifera*'ya yedi günlük Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.7.2. *L. turionifera*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.142'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.42'de gösterilmiştir. Şekil 4.142 ve Tablo 4.42 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) oranında olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarındaki değişikliğin önemli olmadığı görülmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 93,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin



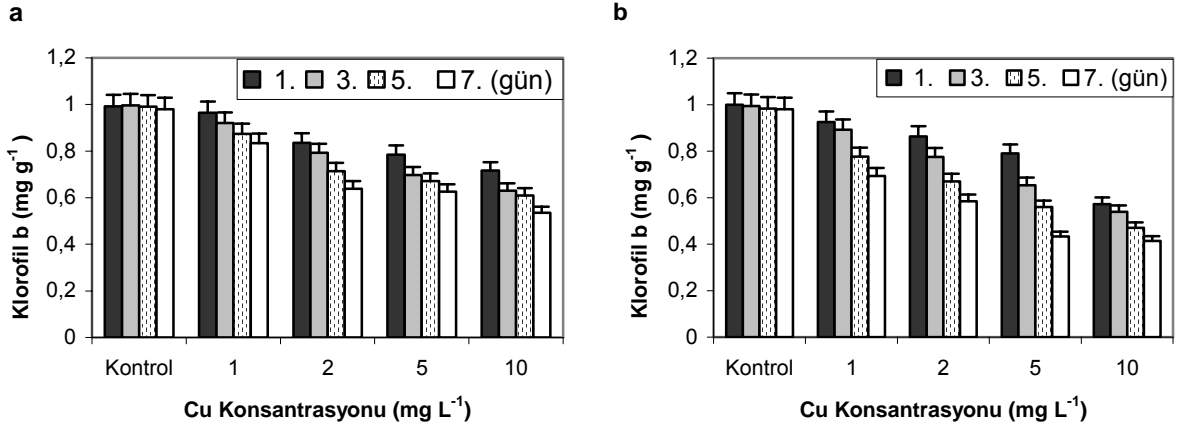
eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 78,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 93,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.142. *L. turionifera*'ya Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.7.3. *L. turionifera*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

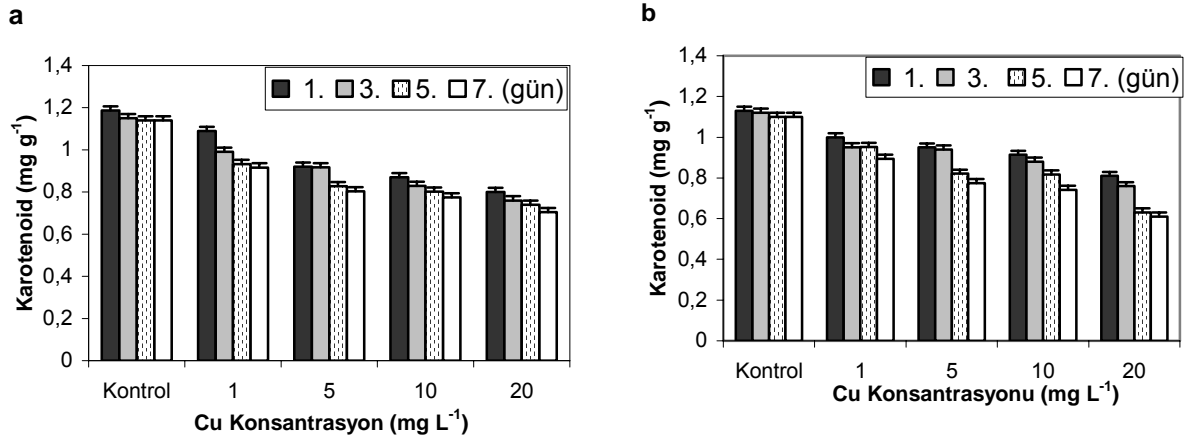
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.143'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.42'de gösterilmiştir. Şekil 4.143 ve Tablo 4.42 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 95,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 76,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 84,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 77,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.143. *L. turionifera*'ya Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.7.4. *L. turionifera*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.144'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.42'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 97,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cu konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cu konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 45,8 ( $p<0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 73,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 59,8 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 80,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.144 ve Tablo 4.42).

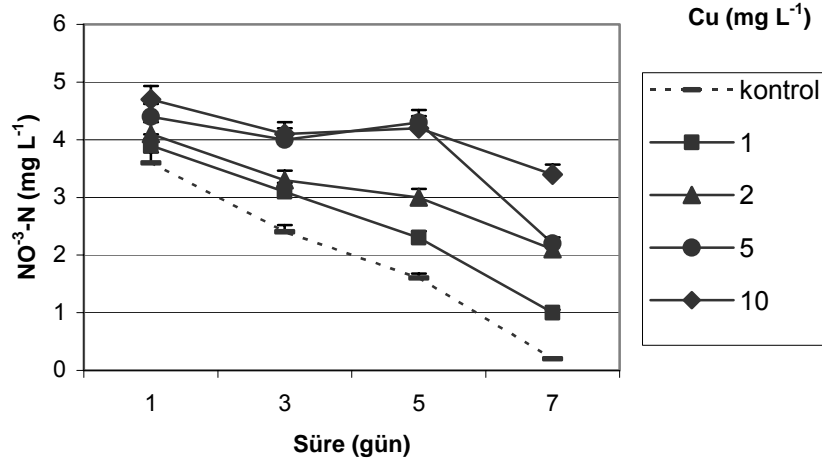


Şekil 4.144. *L. turionifera*'ya Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.3.7.5 *L. turionifera*'da Cu Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.145'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.42'de gösterilmiştir.

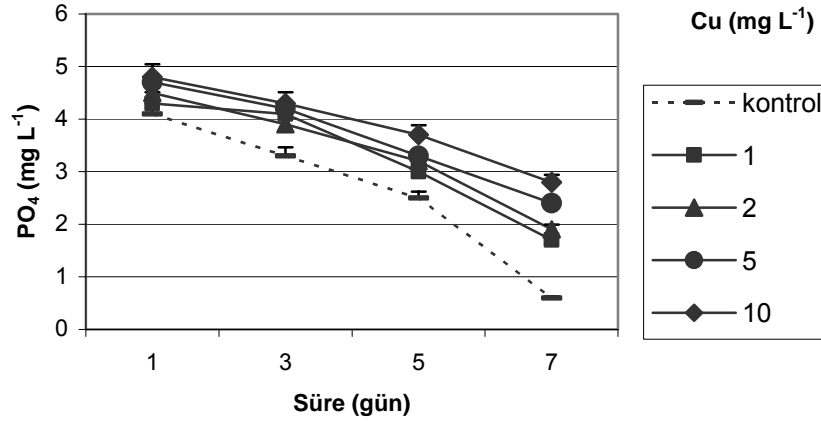
Şekil 4.145 ve Tablo 4.42 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 98,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 99,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 94,7 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.145. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.7.6 *L. turionifera*'da Cu Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

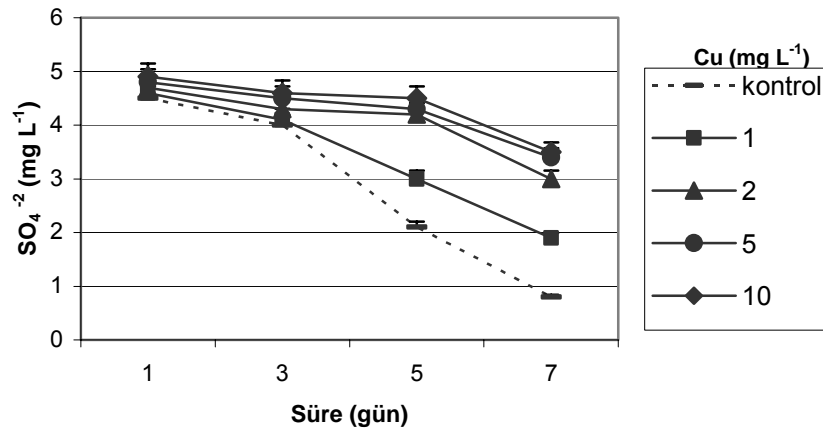
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.146'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.42'de gösterilmiştir. Şekil 4.146 ve Tablo 4.42 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 96,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 86,3 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.146. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.3.7.7 *L. turionifera*'da Cu Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.147'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.42'de gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 98,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,1 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.147 ve Tablo 4.42).



Şekil 4.147. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.42. Cu uygulanmış *L. turionifera* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cu akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	6115	< 0,01	% 99,9
Besin	1	686	< 0,01	% 97,7
Cu x Besin	3	355	<0,01	% 78,5
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	40323	< 0,01	% 99,9
Besin	1	1536	< 0,01	% 99,0
Cu x Besin	3	187	< 0,01	% 97,2
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	4341	< 0,01	% 99,5
Cu konsantrasyonu	3	28952	< 0,01	% 99,9
Besin	1	4746	>0,05	% 98,7
Cu x süre	9	80	<0,01	%91,8
Cu x besin	3	311	<0,01	%93,6
Süre x besin	3	78	<0,01	%78,5
Cu x süre x besin	9	101	<0,01	%93,4
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2002	< 0,01	% 98,9
Cu konsantrasyonu	3	3862	< 0,01	% 99,5
Besin	1	1441	< 0,01	% 95,7
Süre x Cu	9	23	< 0,01	%76,0
Süre x besin	3	119	< 0,01	%84,9
Cu x besin	3	118	< 0,01	%84,7
Süre x Cu x Besin	9	24	< 0,01	%77,3
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	989	< 0,01	% 97,9
Cu konsantrasyonu	3	2348	< 0,01	%99,1
Besin	1	14	< 0,05	% 45,8
Cu x süre	9	17	< 0,01	%71,0
Cu x besin	3	59	< 0,01	%73,7
Süre x besin	3	31	< 0,05	%59,8
Cu x süre x besin	9	28	< 0,01	%80,0
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	927	< 0,01	%98,9
Süre	3	1492	< 0,01	%99,1
Cu x Süre	9	59	< 0,01	%94,7
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cu konsantrasyonu	3	289	< 0,01	%96,7
Süre	3	1997	< 0,01	%99,3
Cu x Süre	9	21	< 0,01	%86,3
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cu konsantrasyonu	3	497	< 0,01	%98,0
Süre	3	1364	< 0,01	%99,0
Cu x süre	9	82	< 0,01	%96,1
Hata	36			

#### 4.4. *Lemna trisulca*

##### 4.4.1. *L. trisulca*'da Pb Akümüasyonu

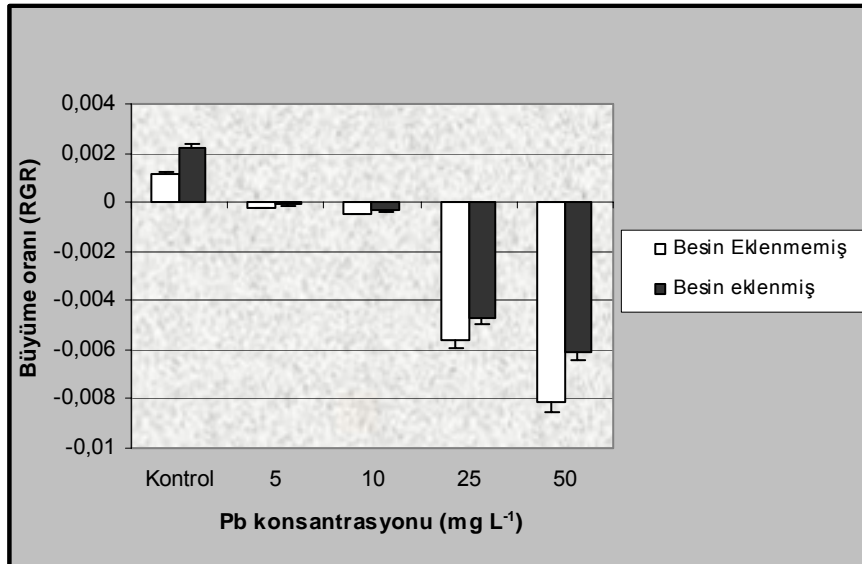
*L. trisulca*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Pb uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Pb miktarları Tablo 4.43'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.44'de gösterilmiştir. Tablo 4.43 ve Tablo 4.44 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun Pb alınımı üzerinde % 88,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de Pb alınımı üzerine % 83,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Pb alınımının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 43,2 oranında ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.43. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. trisulca* örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Pb Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,08±0,04	0,04	0,18	0,14±0,09	0,09	0,25
<b>5</b>	886±17,4	864	921	488±16,8	456	512
<b>10</b>	2932±19,3	2897	2964	1647±19,8	1624	1687
<b>25</b>	7562±11,2	7543	7582	6696±59,3	6578	6758
<b>50</b>	6455±16,1	6427	6483	6536±23,4	6497	6578

#### 4.4.1.1. *L. trisulca*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.148'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.44'de gösterilmiştir. Pb konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı Tablo 4.44'de gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 96,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 95,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.148 ve Tablo 4.44).



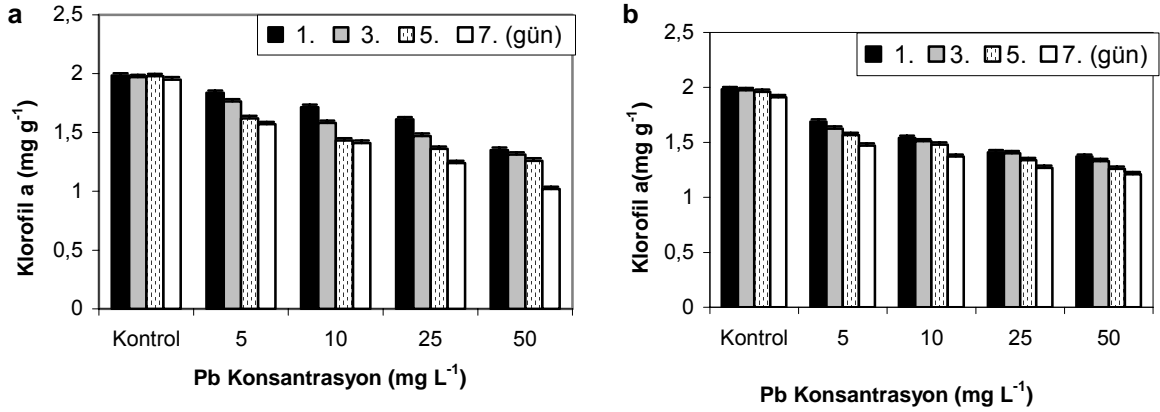
Şekil 4.148. *L. trisulca*'da yedi günlük Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.1.2. *L. trisulca*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.149'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.44'de gösterilmiştir. Şekil 4.149 ve Tablo 4.44 incelendiğinde klorofil a üzerinde sürenin % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun klorofil a üzerinde % 99,7



( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu. Pb konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 88,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 71,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 93,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 92,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 89,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

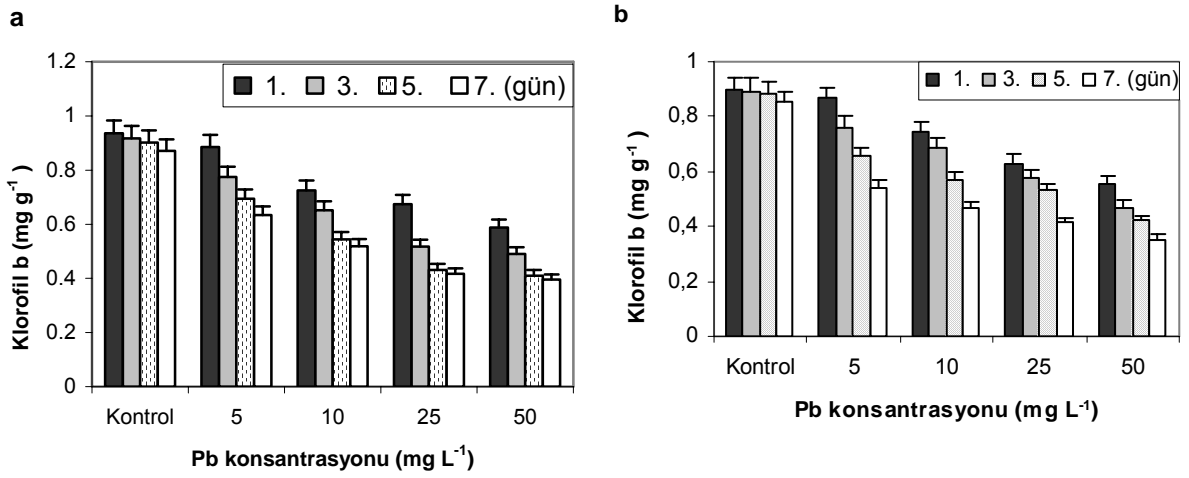


Şekil 4.149. *L. trisulca*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.1.3. *L. trisulca*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.150'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.44'de gösterilmiştir. Şekil 4.150 ve Tablo 4.44 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 17,4 ( $p<0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Pb konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,3 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve

sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 78,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 70,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 78,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 66,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

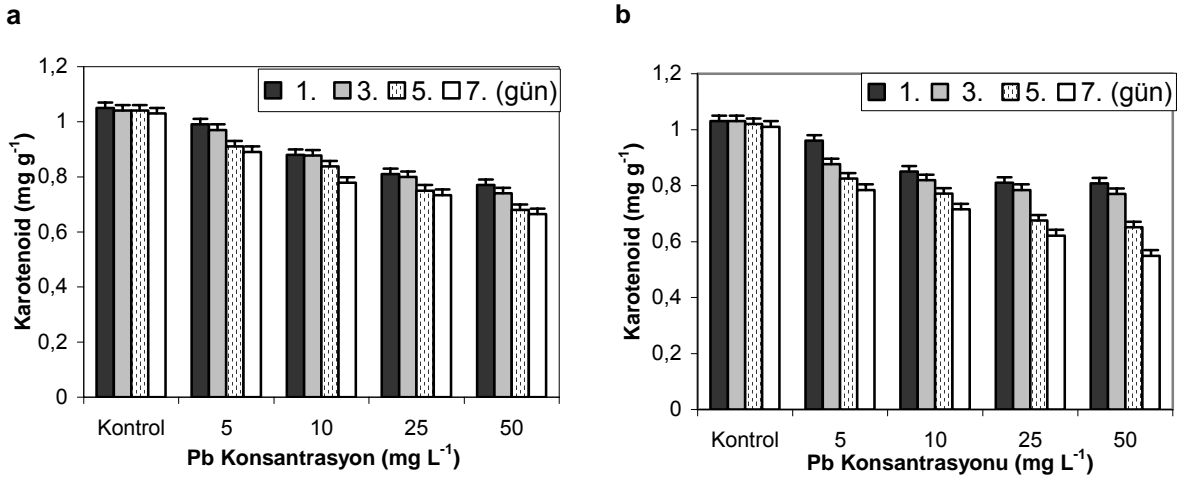


Şekil 4.150. *L. trisulca*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.1.4. *L. trisulca*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarı

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.151'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.44'de gösterilmiştir. Karotenoid üzerinde sürenin % 98,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Pb konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 90,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 68,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu

gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 62,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 62,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.151 ve Tablo 4.44).

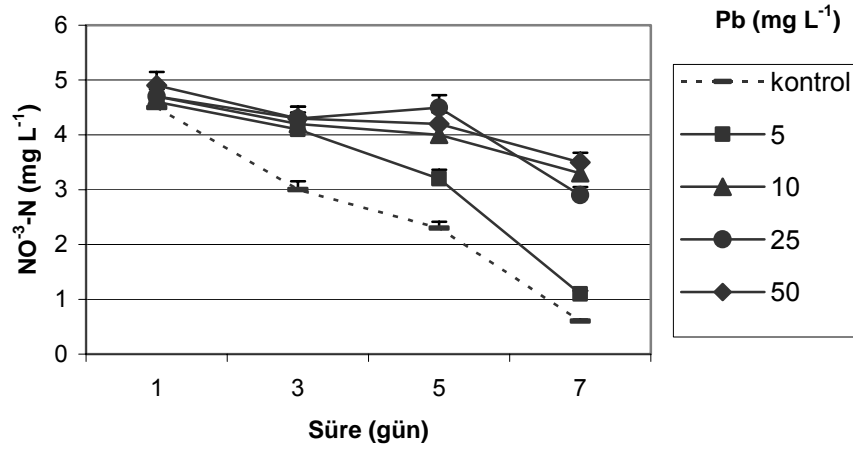


Şekil 4.151. *L. trisulca*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.1.5. *L. trisulca*'da Pb Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.152'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.44'de gösterilmiştir.

Pb konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 98,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,7 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.152 ve Tablo 4.44).

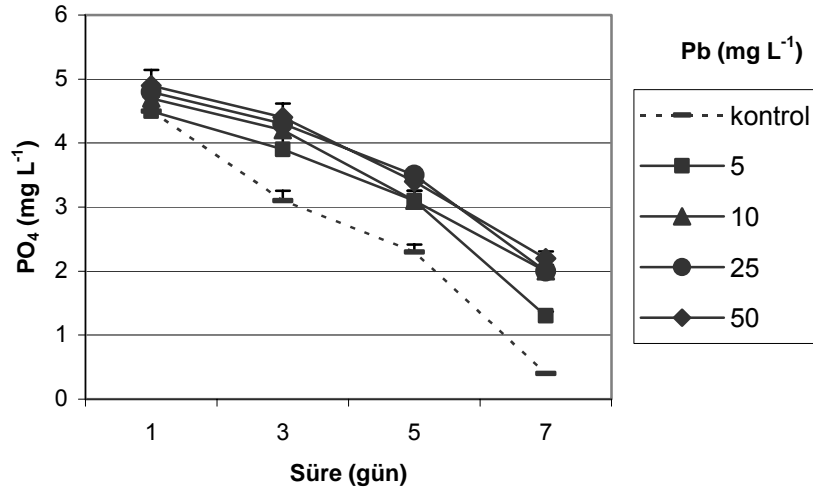


Şekil 4.152. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.1.6. *L. trisulca*'da Pb Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.153'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.44'de gösterilmiştir.

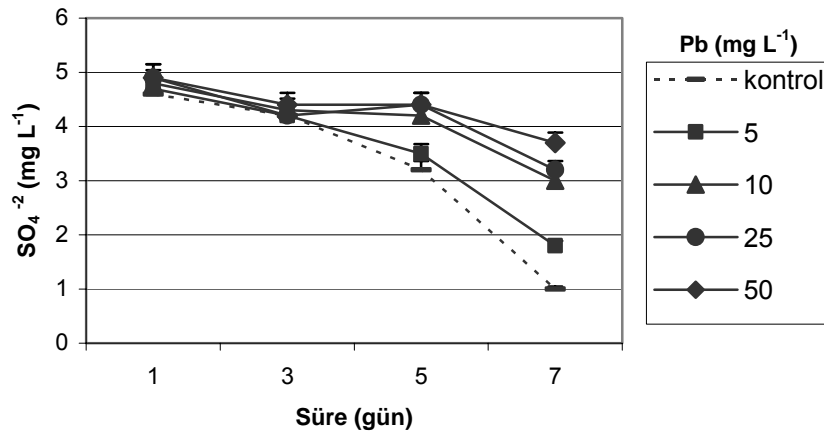
Şekil 4.153 ve Tablo 4.44 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 96,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 86,7 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.153. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.1.7. *L. trisulca*'da Pb Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.154'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.44'de gösterilmiştir. Sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Pb konsantrasyonunun % 96,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 95,5 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.154. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.44. Pb uygulanmış *L. trisulca* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Pb akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	1047	< 0,01	%88,7
Besin	1	360	< 0,01	%83,2
Pb x Besin	3	21	<0,05	%43,2
Hata	20			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	7231	< 0,01	% 99,9
Besin	1	384	< 0,01	% 96,0
Pb x Besin	3	115	< 0,01	% 95,6
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2688	< 0,01	% 99,2
Pb konsantrasyonu	3	6306	< 0,01	% 99,7
Besin	1	486	< 0,01	% 88,4
Pb x süre	9	17	< 0,01	% 71,3
Pb x besin	3	309	< 0,01	% 93,5
Süre x besin	3	269	< 0,01	% 92,7
Pb x süre x besin	9	58	< 0,01	% 89,2
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2623	< 0,01	% 99,2
Pb konsantrasyonu	3	3205	< 0,01	% 99,3
Besin	1	13	< 0,05	%17,4
Süre x Pb	9	25	< 0,01	%78,2
Süre x besin	3	78	< 0,01	%78,6
Pb x besin	3	49	< 0,01	%70,0
Süre x Pb x Besin	9	13	< 0,01	%66,0
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1035	< 0,01	% 98,0
Pb konsantrasyonu	3	1770	< 0,01	% 98,8
Besin	1	615	< 0,01	% 90,6
Pb x süre	9	15	< 0,01	% 68,7
Pb x besin	3	34	< 0,01	% 62,0
Süre x besin	3	98	< 0,01	% 82,1
Pb x süre x besin	9	11	< 0,01	% 62,5
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	608	< 0,01	%98,4
Süre	3	1578	< 0,01	%99,2
Pb x Süre	9	97	< 0,01	%96,7
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	259	< 0,01	%96,3
Süre	3	2690	< 0,01	%99,5
Pb x Süre	9	21	< 0,01	%86,7
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>Sig</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	255	< 0,01	%96,2
Süre	3	1376	< 0,01	%99,0
Pb x süre	9	70	< 0,01	%95,5
Hata	36			

#### 4.4.2. *L. trisulca*'da Ni Akümülayonu

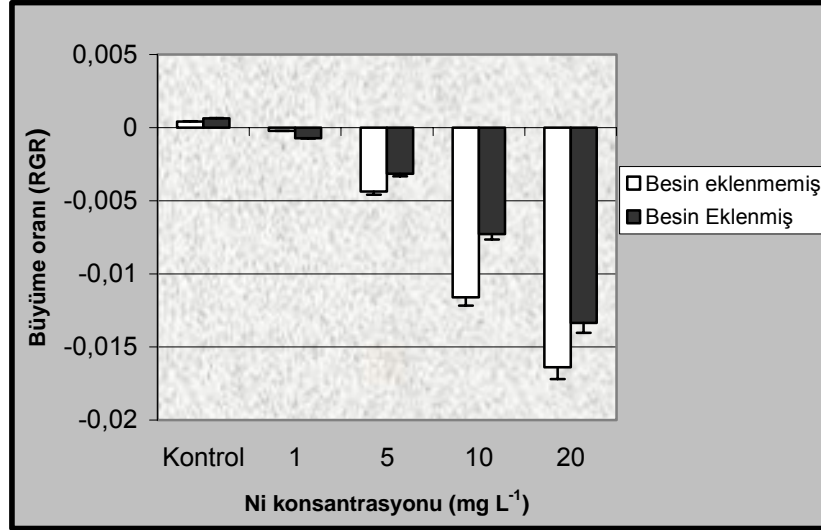
*L. trisulca*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Ni uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Ni miktarları Tablo 4.45'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.46'da gösterilmiştir. Tablo 4.45 ve Tablo 4.46 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun Ni alınımı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Ni alınımı üzerine % 85,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Ni alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 75,5 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4.45. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. trisulca* örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

<b>Ni Konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>		<b>Besin Eklenmiş</b>			
	<b>Ort/Std hata (μg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata (μg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0,07±0,01	0,05	0,15	0,06±0,01	0,04	0,13
<b>1</b>	37,3±4,6	29,0	45,0	34,0±4,0	29	42
<b>5</b>	249,6±11,7	235	273	186,6±6,6	175	198
<b>10</b>	347,3±7,7	334	361	256,3±4,6	248	264
<b>20</b>	464,3±5,6	453	472	435,3±4,9	426	443

#### 4.4.2.1 *L. trisulca*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.15'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.46'da gösterilmiştir. Ni konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 99,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.155 ve Tablo 4.46).



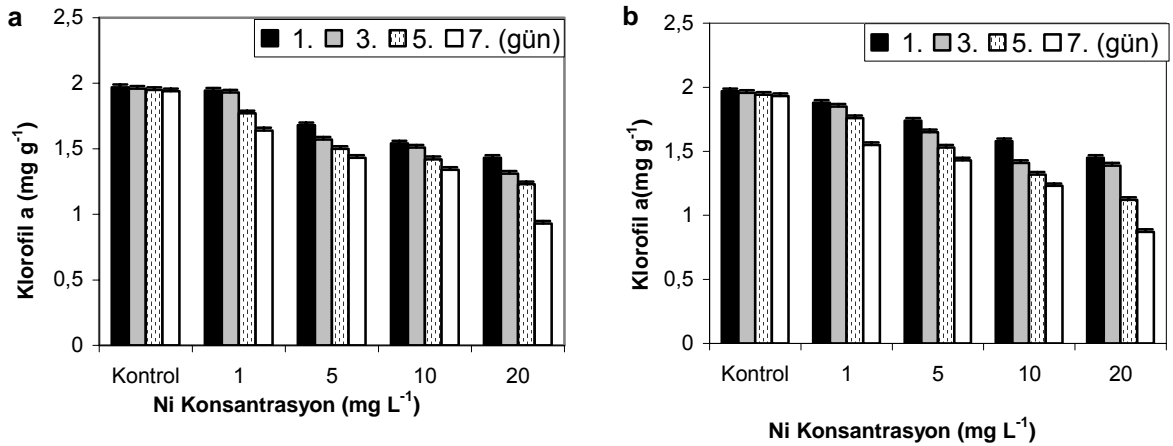
Şekil 4.155. *L. trisulca*'da yedi günlük Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.2.2 *L. trisulca*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.156'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.46'da gösterilmiştir. Şekil 4.156 ve Tablo 4.46 incelendiğinde klorofil a sürenin üzerinde % 99,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 69,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ni konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,8 oranında



etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 89,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 80,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 87,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

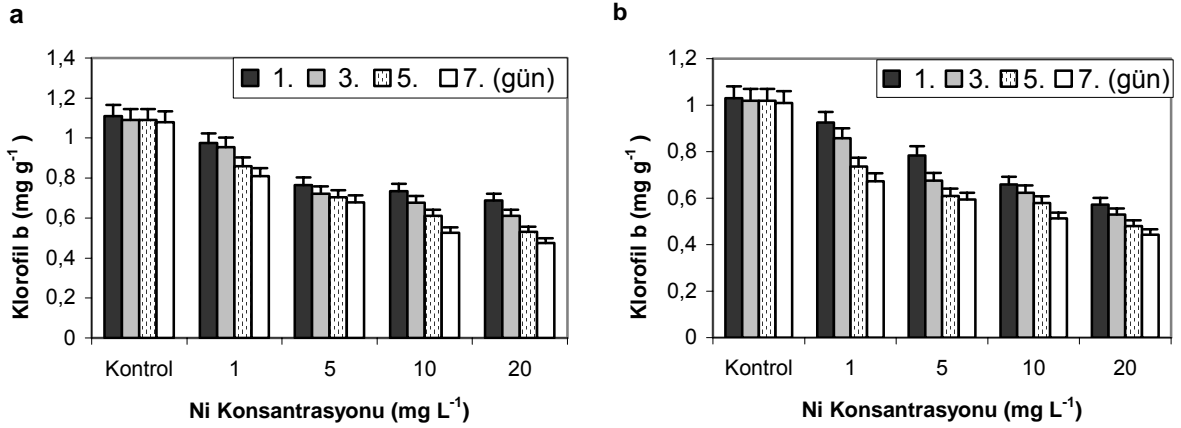


Şekil 4.156. *L. trisulca*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.2.3 *L. trisulca*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.157'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.46'da gösterilmiştir. Sürenin klorofil b üzerinde % 98,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 94,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Ni konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 76,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 64,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli

olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında, % 16,0 oranında ( $p>0.05$ ) olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 80,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.157 ve Tablo 4.46).

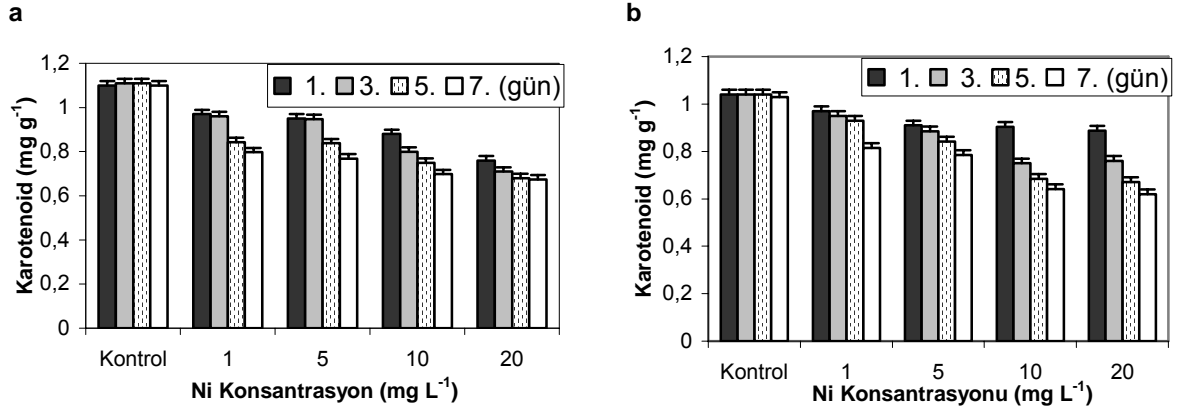


Şekil 4.157. *L. trisulca*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.2.4 *L. trisulca*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.158'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.46'da gösterilmiştir. Şekil 4.158 ve Tablo 4.46 incelendiğinde Sürenin karotenoid üzerinde % 98,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Ni konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Ni konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 2,1 ( $p>0,01$ ) oranında, olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarındaki değişikliğin önemli olmadığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 83,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 76,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 58,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve

besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 86,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

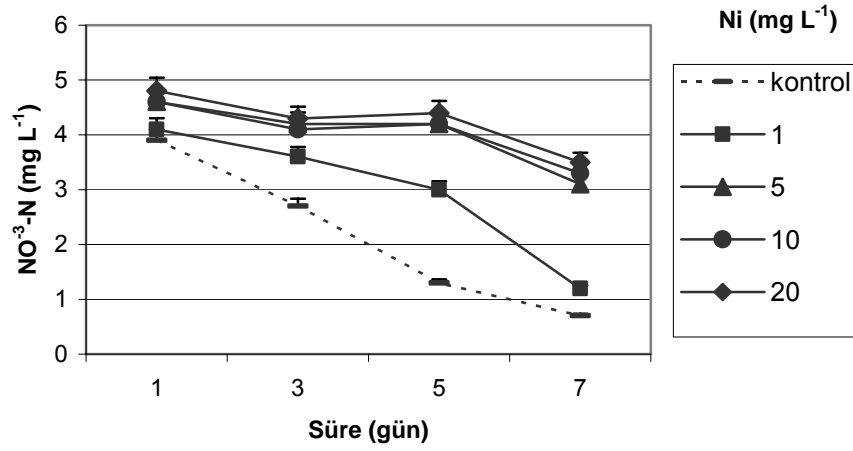


Şekil 4.158. *L. trisulca*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.2.5. *L. trisulca*'da Ni Uygulanmış Örneklerin NO<sup>-3</sup>-N Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>-3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.159'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları da Tablo 4.46'da gösterilmiştir.

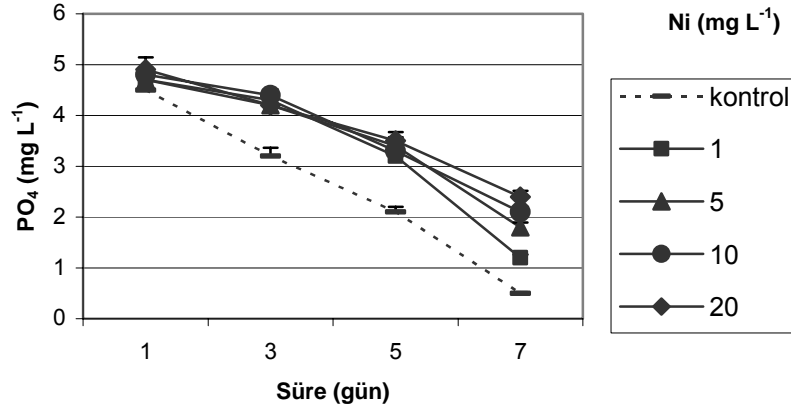
Ni konsantrasyonunun sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerinde % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerine % 98,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 95,8 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.159 ve Tablo 4.46).



Şekil 4.159. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.4.2.6. *L. trisulca*'da Ni Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

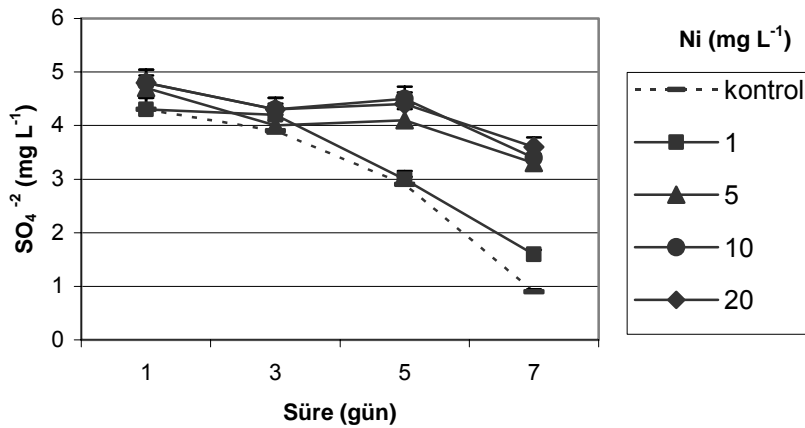
Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.160'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.46'da gösterilmiştir. Şekil 4.160 ve Tablo 4.46 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 96,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 89,4 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.160 Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.2.7. *L. trisulca*'da Ni Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.161'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.46'da gösterilmiştir. Sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Ni konsantrasyonunun % 97,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 98,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 96,1 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.161 ve Tablo 4.46).



Şekil 4.161. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.46. Ni uygulanmış *L. trisulca* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Ni akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	1324	< 0,01	% 99,9
Besin	1	96	< 0,01	% 85,7
Ni x Besin	3	16	<0,01	% 75,5
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	24293	< 0,01	% 99,9
Besin	1	2400	< 0,01	% 99,3
Ni x Besin	3	659	< 0,01	% 99,2
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	5754	< 0,01	% 99,6
Ni konsantrasyonu	3	14147	< 0,01	% 99,8
Besin	1	142	< 0,01	% 69,9
Ni x süre	9	222	< 0,01	%96,9
Ni x besin	3	177	< 0,01	%89,3
Süre x besin	3	85	< 0,01	%80,0
Ni x süre x besin	9	50	< 0,01	%87,6
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1390	< 0,01	% 98,5
Ni konsantrasyonu	3	4186	< 0,01	% 99,5
Besin	1	1073	< 0,01	% 94,4
Süre x Ni	9	23	< 0,01	% 76,8
Süre x besin	3	4	> 0,05	% 16,0
Ni x besin	3	37	< 0,01	% 64,0
Süre x Ni x Besin	9	29	< 0,01	% 80,0
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1485	< 0,01	% 98,6
Ni konsantrasyonu	3	1792	< 0,01	% 98,8
Besin	1	0,8	> 0,01	% 2,1
Ni x süre	9	36	< 0,01	% 83,8
Ni x besin	3	67	< 0,01	% 76,1
Süre x besin	3	29	< 0,05	% 58,1
Ni x süre x besin	9	43	< 0,01	% 86,1
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	971	< 0,01	%99,0
Süre	3	1097	< 0,01	%98,8
Ni x Süre	9	76	< 0,01	%95,8
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	263	< 0,01	%96,3
Süre	3	2752	< 0,01	%99,5
Ni x Süre	9	28	< 0,01	%89,4
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	416	< 0,01	% 97,7
Süre	3	1128	< 0,01	% 98,8
Ni x süre	9	81	< 0,01	% 96,1
Hata	36			

#### 4.4.3. *L. trisulca*'da Co Akümüasyonu

*L. trisulca*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Co uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Co miktarları Tablo 4.47'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.48'de gösterilmiştir.

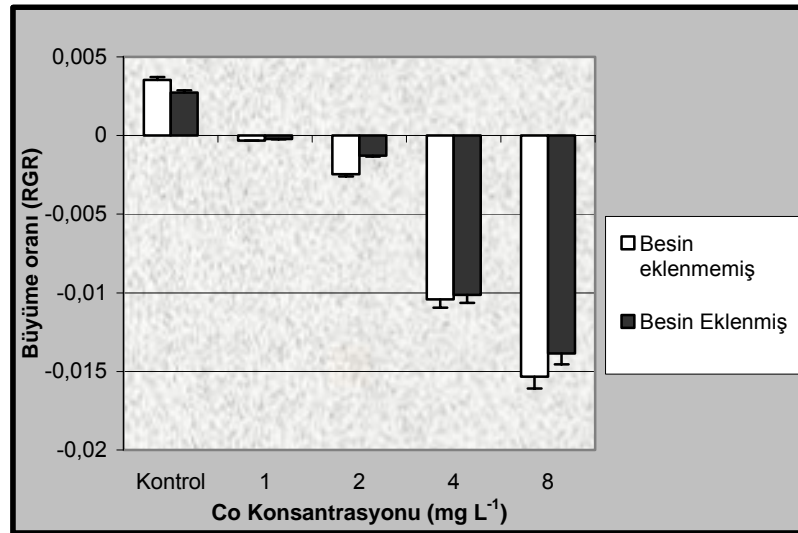
Tablo 4.47 ve Tablo 4.48 incelendiğinde Co konsantrasyonunun Co alınımı üzerinde % 99,3 ( $p < 0,01$ ) oranında etkiliği olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de Co alınımı üzerine % 85,5 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Co alınımının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 86,8 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olmadığı görülmektedir.

Tablo 4.47. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. trisulca* örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Co Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş		Besin Eklenmiş			
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,03±0,00	0,01	0,07	0,02±0,00	0,01	0,07
<b>1</b>	43,6±4,6	35	51	35,6±3,5	29	41
<b>2</b>	86,7±4,7	78	94	78,6±5,3	71	89
<b>4</b>	164±4,0	157	171	137,3±5,4	128	147
<b>8</b>	326±7,6	315	341	227,3±4,9	219	236

#### 4.4.3.1. *L. trisulca*'da Co Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.162'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.48'de gösterilmiştir. Co konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 95,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 92,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.162 ve Tablo 4.48).



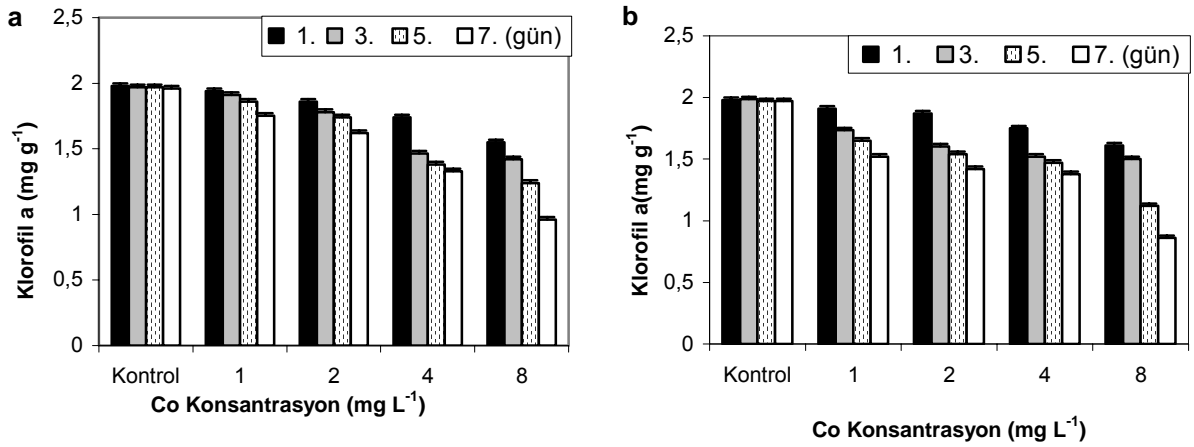
Şekil 4.162. *L. trisulca*'da yedi günlük Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.3.2 *L. trisulca*'da Co Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.163'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.48'de gösterilmiştir. Şekil 4.163 ve Tablo 4.48 incelendiğinde klorofil a üzerinde sürenin % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 94,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının



daha yüksek olduğu görülmektedir. Co konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,8 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 98,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 96,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 91,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

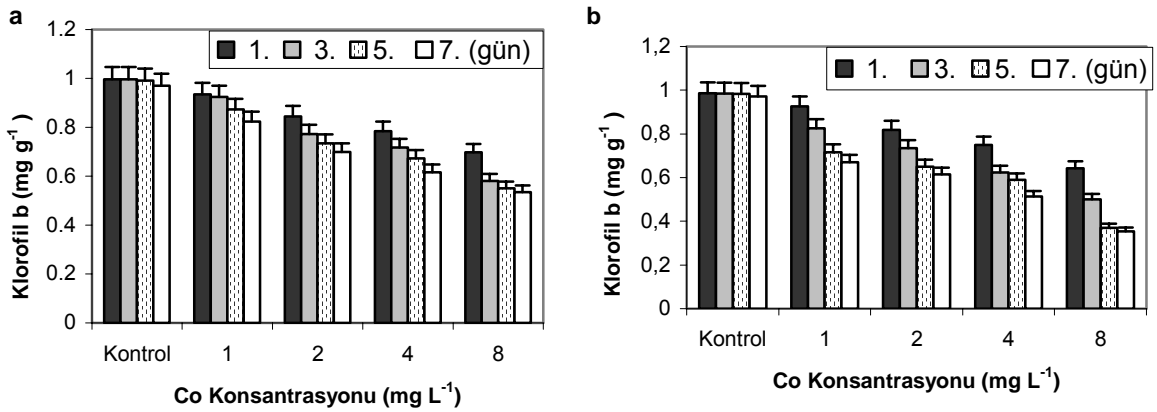


Şekil 4.163. *L. trisulca*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.3.3 *L. trisulca*'da Co Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.164'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.48'de gösterilmiştir. Şekil 4.164 ve Tablo 4.48 incelendiğinde Sürenin klorofil b üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 96,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Co konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu

gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 76,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 86,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 63,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

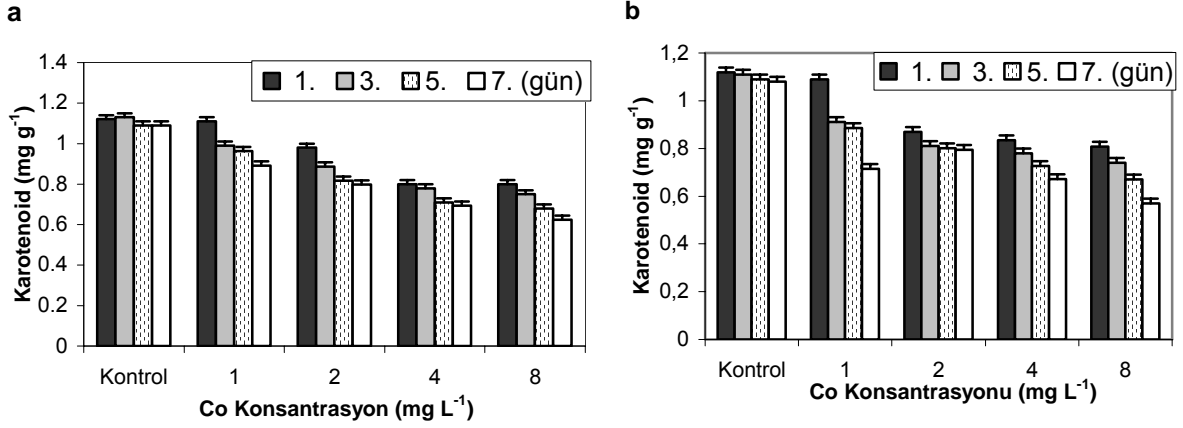


Şekil 4.164. *L. trisulca*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.3.4 *L. trisulca*'da Co Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.165'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.48'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Co konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Co konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 84,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkisiz olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 91,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 83,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 55,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte

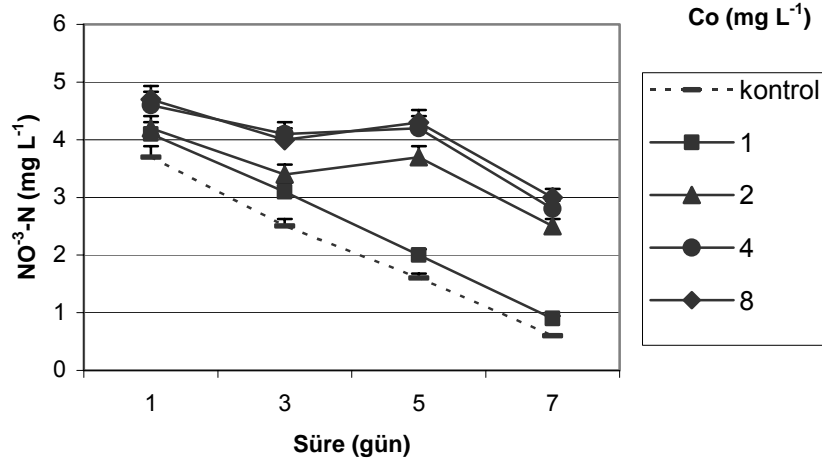
etkisine bakıldığında ise % 81,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.165 ve Tablo 4.48).



Şekil 4.165. *L. trisulca*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.3.5. *L. trisulca*'da Co Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.166'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.48'de gösterilmiştir. Şekil 4.166 ve Tablo 4.48 incelendiğinde Co konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 94,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 95,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 80,3 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

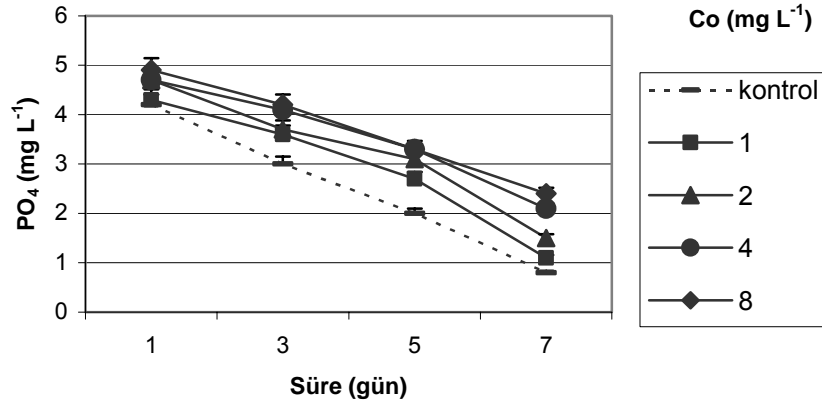


Şekil 4.166. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.3.6. *L. trisulca*'da Co Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.167'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.48'de gösterilmiştir.

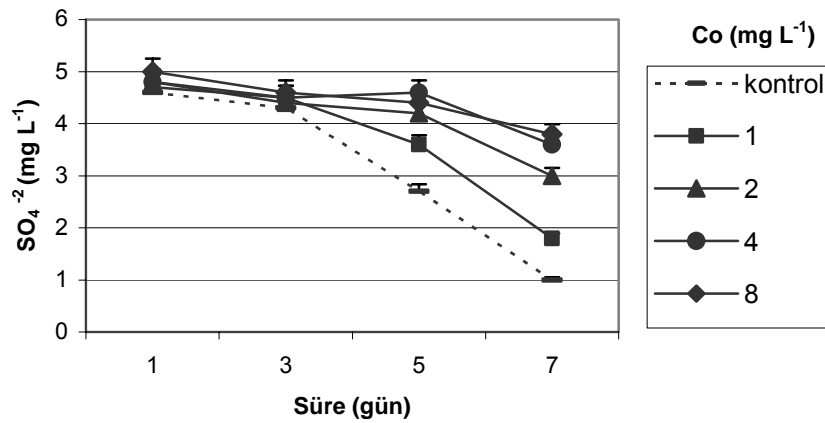
Co konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 89,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 98,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 53,6 oranında ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.167 ve Tablo 4.48).



Şekil 4.167. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.3.8 *L. trisulca*'da Co Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.168'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.48'de gösterilmiştir. Şekil 4.168 ve Tablo 4.48 incelendiğinde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Co konsantrasyonunun % 92,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 97,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,4 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.168. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.48. Co uygulanmış *L. trisulca* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Co akümülyasyonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	802	< 0,01	%99,3
Besin	1	94	< 0,01	%85,5
Co x Besin	3	35	<0,01	%86,8
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	27929	< 0,01	% 99,9
Besin	1	337	< 0,01	% 95,5
Co x Besin	3	62	< 0,01	% 92,1
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	7718	< 0,01	% 99,7
Co konsantrasyonu	3	11545	< 0,01	% 99,8
Besin	1	1113	< 0,01	% 94,6
Co x süre	9	505	< 0,01	% 98,6
Co x besin	3	626	< 0,01	% 96,7
Süre x besin	3	222	< 0,01	% 91,2
Co x süre x besin	9	79	< 0,01	% 91,8
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1860	< 0,01	% 98,9
Co konsantrasyonu	3	4123	< 0,01	% 99,5
Besin	1	1939	< 0,01	% 96,8
Süre x Co	9	18	< 0,01	%72,0
Süre x besin	3	133	< 0,01	%86,2
Co x besin	3	68	< 0,01	%76,2
Süre x Co x Besin	9	12	< 0,01	%63,5
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1601	< 0,01	% 98,7
Co konsantrasyonu	3	2711	< 0,01	%99,2
Besin	1	337	< 0,01	% 84,1
Co x süre	9	73	< 0,01	%91,2
Co x besin	3	106	< 0,01	%83,3
Süre x besin	3	26	< 0,05	%55,2
Co x süre x besin	9	30	< 0,01	%81,3
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	178	< 0,01	% 94,7
Süre	3	299	< 0,01	% 95,7
Co x Süre	9	13	< 0,01	% 80,3
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Co konsantrasyonu	3	86	< 0,01	% 89,6
Süre	3	719	< 0,01	% 98,2
Co x Süre	9	3	< 0,05	% 53,6
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Co konsantrasyonu	3	175	< 0,01	% 92,2
Süre	3	3015	< 0,01	% 97,1
Co x süre	9	41	< 0,01	% 90,4
Hata	36			

#### 4.4.4. *L. trisulca*'da Cr Akümüasyonu

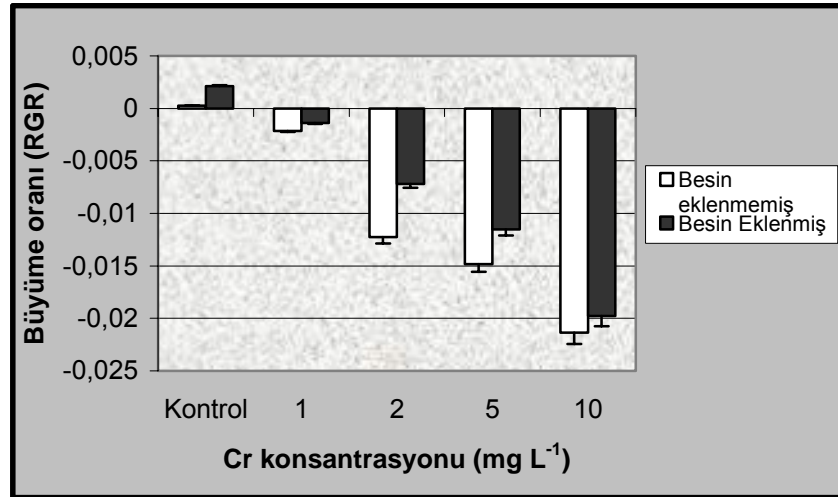
*L. trisulca*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cr uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Cr miktarları Tablo 4.49'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.50'de gösterilmiştir. Tablo 4.49 ve Tablo 4.50 incelendiğinde Cr konsantrasyonunun Cr alınımı üzerinde % 99,2 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Cr alınımı üzerine % 54,2 ( $p < 0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cr alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 18,0 oranında ( $p > 0,05$ ) anlamlı olmadığı gözlenmektedir.

**Tablo 4.49.** Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. trisulca* örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Cr Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş		Besin Eklenmiş			
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,03±0,01	0,02	0,09	0,02±0,00	0,01	0,08
<b>1</b>	54,6±5,0	45	62	37,3±2,9	32	42
<b>2</b>	94,0±4,3	87	102	87,3±3,2	81	92
<b>5</b>	252,6±5,2	243	261	222 ±5,5	213	232
<b>10</b>	510 ±10,8	498	532	406±6,3	398	419

#### 4.4.4.1 *L. trisulca*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.169'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.50'de gösterilmiştir. Cr konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,4 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 86,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 71,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.169 ve Tablo 4.50).



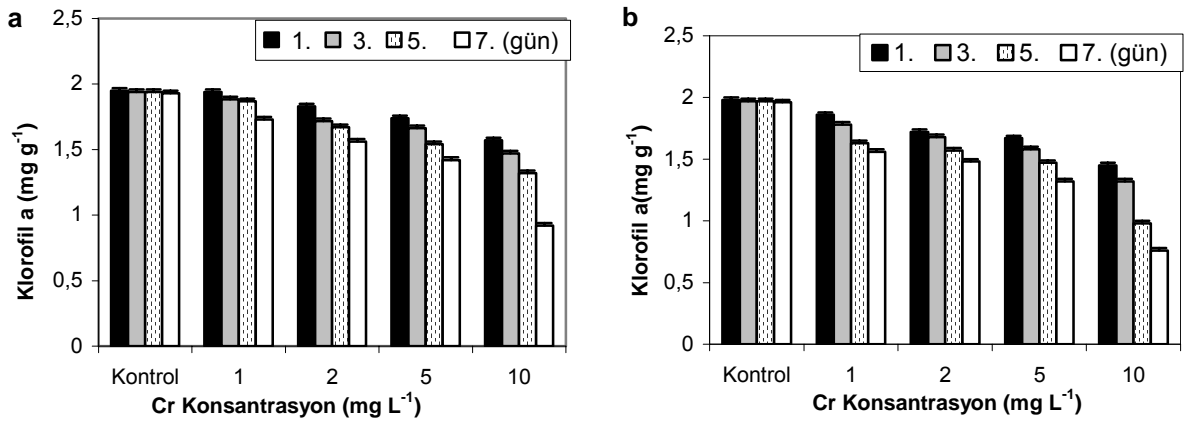
Şekil 4.169. *L. trisulca*'da yedi günlük Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.4.2 *L. trisulca*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.170'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.50'de gösterilmiştir. Şekil 4.170 ve Tablo 4.50 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 91,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 71,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cr konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 95,9 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve



sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 74,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 30,6 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 15,0 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 9,3 oranında ( $p>0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

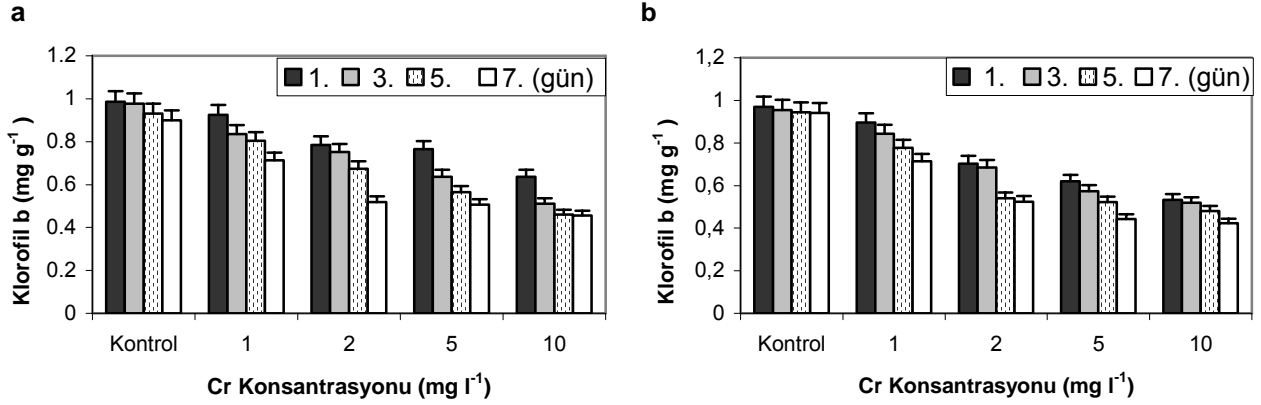


Şekil 4.170. *L. trisulca*'da Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.4.3 *L. trisulca*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.171'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.50'de gösterilmiştir. Sürenin klorofil b üzerinde % 96,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 73,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cr konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 98,4 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 59,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 50,0 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında

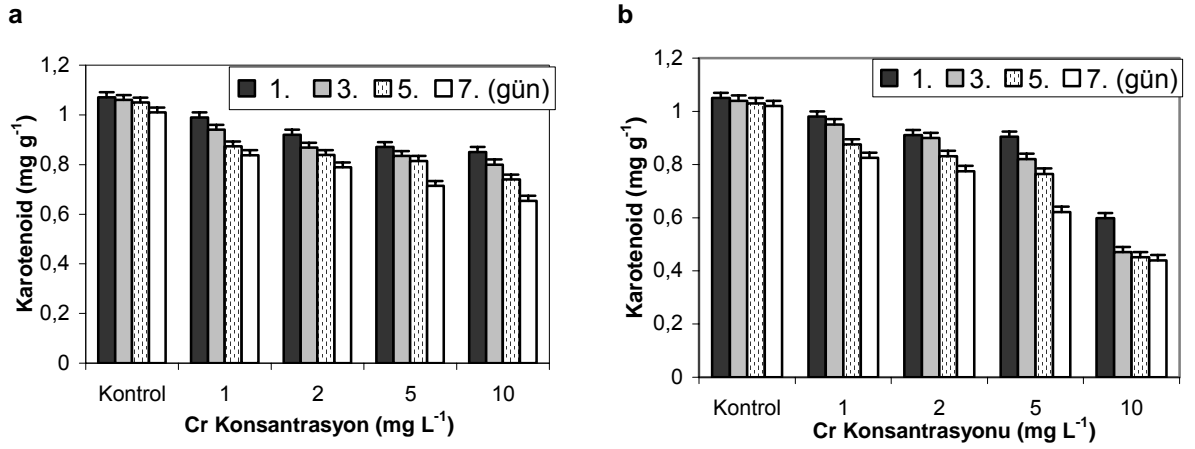
% 40,8 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 51,7 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.171 ve Tablo 4.50).



Şekil 4.171. *L. trisulca*'da Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.4.4. *L. trisulca*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.172'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.50'de gösterilmiştir. Şekil 4.172 ve Tablo 4.50 incelendiğinde karotenoid üzerinde sürenin % 94,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cr konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cr konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde %80,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 28,0 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 94,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 44,8 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 75,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

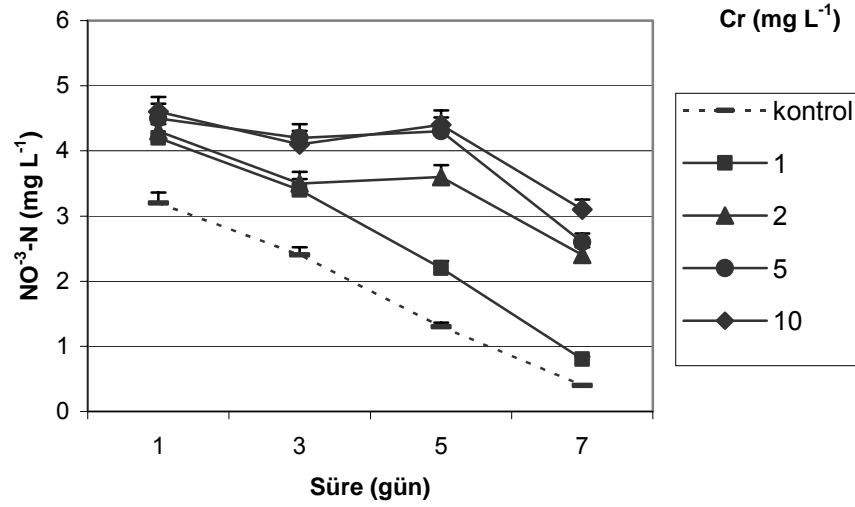


Şekil 4.172. *L. trisulca*'ya Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.4.5 *L. trisulca*'da Cr Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.173'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.50'de gösterilmiştir.

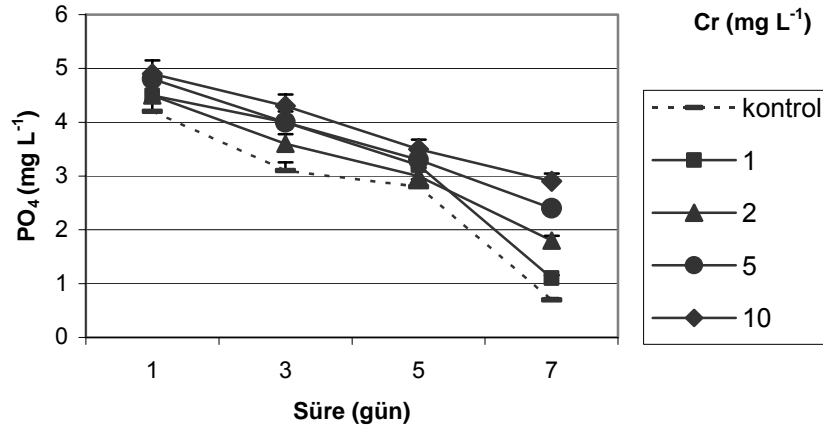
Şekil 4.173 ve Tablo 4.50 incelendiğinde Cr konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 96,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 97,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,3 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.173. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.4.6 *L. trisulca*'da Cr Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

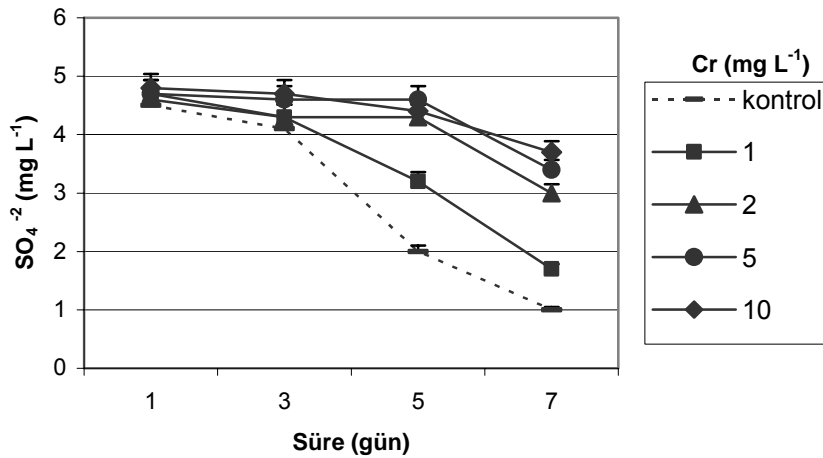
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.174'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.50'de gösterilmiştir. Cr konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 89,2 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 98,1 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 79,5 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.174 ve Tablo 4.50).



Şekil 4.174. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.4.7 *L. trisulca*'da Cr Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, değişimleri Şekil 4.175'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.50'de gösterilmiştir. Şekil 4.175 ve Tablo 4.50 incelendiğinde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Pb konsantrasyonunun % 91,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 98,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 80,1 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.175. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.50. Cr uygulanmış *L. trisulca* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cr akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	622	< 0,01	% 99,2
Besin	1	18	< 0,05	% 54,2
Cr x Besin	3	1,2	>0,01	% 18,0
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	945	< 0,01	% 99,4
Besin	1	97	< 0,01	% 86,0
Cr x Besin	3	13	< 0,01	% 71,0
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	234	< 0,01	% 91,7
Cr konsantrasyonu	3	494	< 0,01	% 95,9
Besin	1	164	< 0,01	% 71,9
Cr x süre	9	21	< 0,01	% 74,7
Cr x besin	3	9	< 0,05	% 30,6
Süre x besin	3	3	< 0,05	% 15,0
Cr x süre x besin	9	1,7	> 0,05	% 9,3
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	532	< 0,01	% 96,1
Cr konsantrasyonu	3	1297	< 0,01	%98,4
Besin	1	173	< 0,01	% 73,0
Süre x Cr	9	10	< 0,01	%59,5
Süre x besin	3	14	< 0,05	%40,8
Cr x besin	3	51	< 0,05	%50,0
Süre x Cr x Besin	9	7	< 0,05	%51,7
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	372	< 0,01	% 94,6
Cr konsantrasyonu	3	1290	< 0,01	% 98,4
Besin	1	263	< 0,01	% 80,4
Cr x süre	9	2,7	< 0,05	% 28,0
Cr x besin	3	393	< 0,01	% 94,9
Süre x besin	3	17	< 0,05	% 44,8
Cr x süre x besin	9	21	< 0,01	% 75,2
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	308	< 0,01	%96,9
Süre	3	435	< 0,01	%97,0
Cr x Süre	9	17	< 0,01	%84,3
Hata	36			

$\text{PO}_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cr konsantrasyonu	3	82	< 0,01	%89,2
Süre	3	689	< 0,01	%98,1
Cr x Süre	9	79	< 0,01	%79,5
Hata	36			
$\text{SO}_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cr konsantrasyonu	3	578	< 0,01	%91,3
Süre	3	1123	< 0,01	%98,9
Cr x süre	9	103	< 0,01	%80,1
Hata	36			

#### 4.4.5. *L. trisulca*'da Cd Akümülayonu

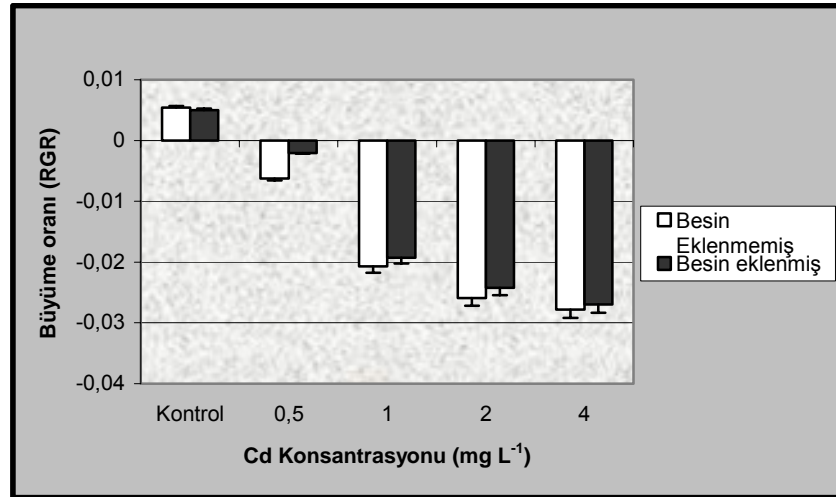
*L. trisulca*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cd uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Cd miktarları Tablo 4.51'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.52'de gösterilmiştir. Tablo 4.51 ve Tablo 4.52 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun Cd alınımı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkiliği olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de Cd alınımı üzerine % 93,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cd alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 90,8 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4.51. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. trisulca* örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Cd Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,02±0,00	0,01	0,04	0,04±0,00	0,02	0,09
<b>0.5</b>	306±7,2	298	321	299±6,6	289	312
<b>1</b>	571±14,4	546	596	698±8,0	684	712
<b>2</b>	1088±58,6	987	1190	803±4,9	795	812
<b>4</b>	2983±11,4	2962	3001	1995±6,0	1989	2001

#### 4.4.5.1. *L. trisulca*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.176'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.52'de gösterilmiştir. Cd konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 48,8 ( $p<0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 31,7 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.176 ve Tablo 4.52).



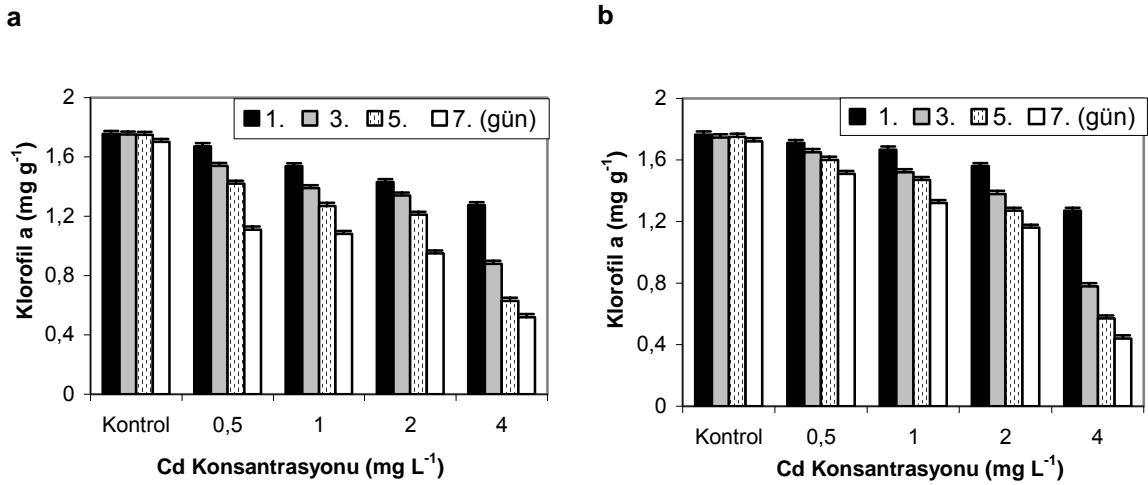
Şekil 4.176. *L. trisulca*'ya yedi günlük Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.5.2 *L. trisulca*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.177'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.52'de gösterilmiştir. Şekil 4.177 ve Tablo 4.52 incelendiğinde klorofil a üzerinde Cd konsantrasyonunun % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 86,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Süreninde klorofil a üzerinde % 92,1 oranında etkili olduğu ( $p<0,01$ ) süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir.



Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 95,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 34,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 79,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olmadığı görülmektedir.

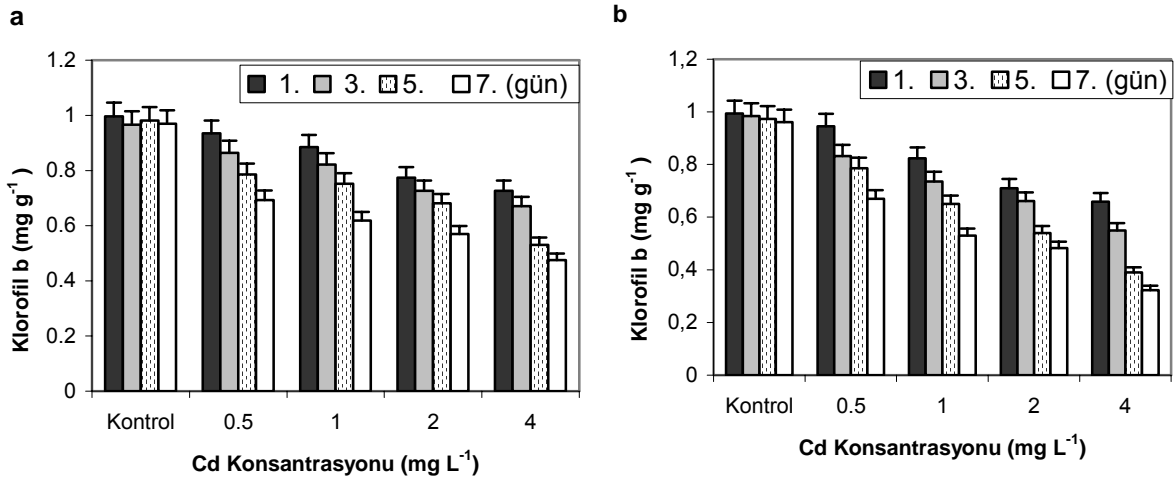


Şekil 4.177. *L. trisulca*'ya Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.5.3 *L. trisulca*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.178'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.52'de gösterilmiştir. Şekil 4.178 ve Tablo 4.52 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 97,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 68,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cd konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,7 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 57,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu

görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 95,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 21,4 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 60,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

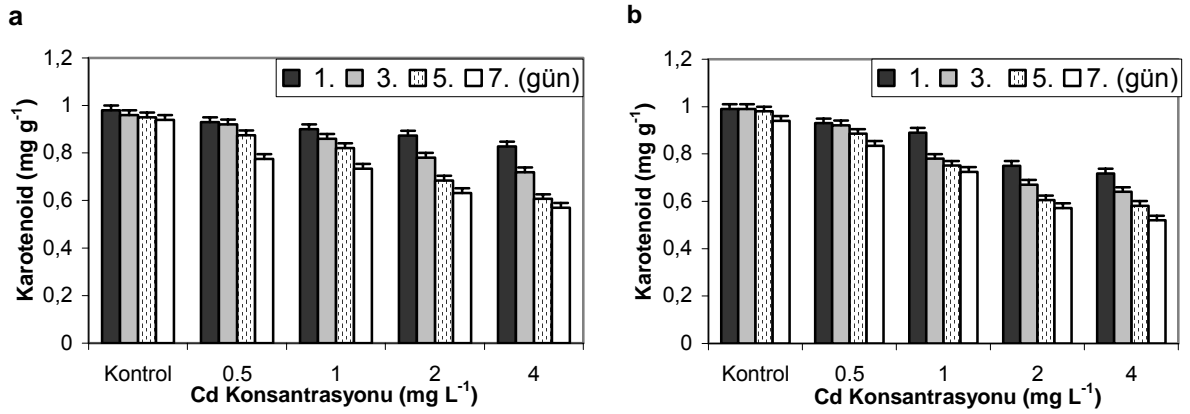


Şekil 4.178. *L. trisulca*'ya Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.5.4 *L. trisulca*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.179'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.52'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 98,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cd konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cd konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 32,3 ( $p<0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine

bakıldığında % 70,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 45,5 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 66,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.179 ve Tablo 4.52).

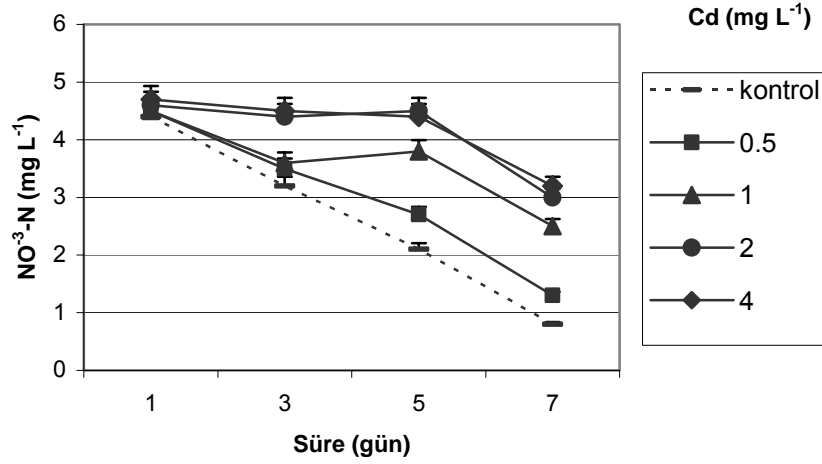


Şekil 4.179. *L. trisulca*'ya Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.5.5 *L. trisulca*'da Cd Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.180'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.52'de gösterilmiştir.

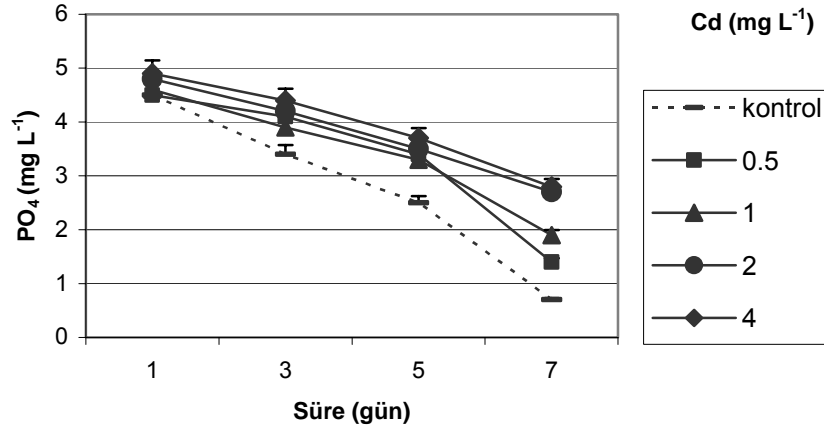
Şekil 4.180 ve Tablo 4.52 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 97,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 95,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,5 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.180. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.5.6. *L. trisulca*'da Cd Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

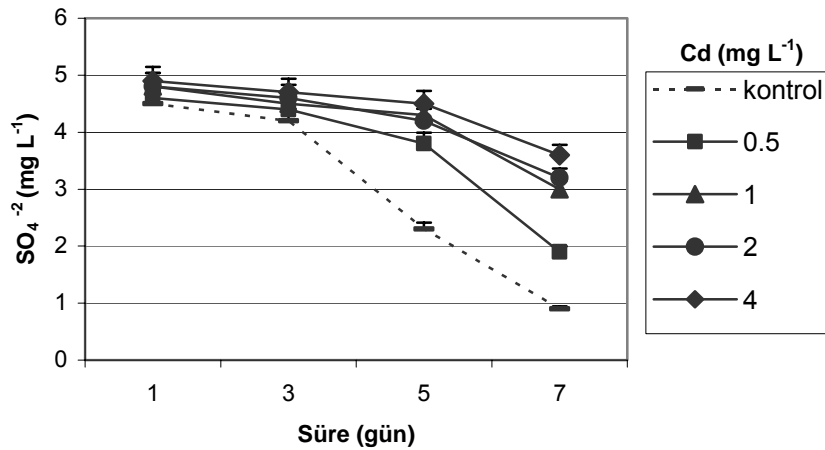
Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.181'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.52'de gösterilmiştir. Cd konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 92,3 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu görülmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,7 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 76,1 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.181 ve Tablo 4.52).



Şekil 4.181. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.5.7. *L. trisulca*'da Cd Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.182'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.52'de gösterilmiştir. Şekil 4.182 ve Tablo 4.52 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 95,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,6 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 85,4 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.182. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.52. Cd uygulanmış *L. trisulca* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cd akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	3766	< 0,01	% 99,8
Besin	1	334	< 0,01	% 93,4
Cd x Besin	3	48	<0,01	% 90,8
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	2133	< 0,01	% 99,7
Besin	1	66	< 0,05	% 48,8
Cd x Besin	3	34	< 0,05	% 31,7
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1252	< 0,01	% 92,1
Cd konsantrasyonu	3	10359	< 0,01	% 99,7
Besin	1	437	<0,01	% 86,4
Cd x süre	9	513	< 0,01	% 89,1
Cd x besin	3	2450	< 0,01	% 95,3
Süre x besin	3	4	<0,05	% 34,1
Cd x süre x besin	9	25	<0,01	% 79,3
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1237	< 0,01	% 97,8
Cd konsantrasyonu	3	3865	< 0,01	% 99,7
Besin	1	67	< 0,01	% 68,7
Süre x Cd	9	12	< 0,01	% 57,2
Süre x besin	3	3,9	< 0,05	% 21,4
Cd x besin	3	357	< 0,01	% 95,3
Süre x Cd x Besin	9	16	< 0,01	% 60,1
Hata	64		<b>Sig.</b>	
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1268	< 0,01	% 98,1
Cd konsantrasyonu	3	1917	< 0,01	% 99,2
Besin	1	7,5	< 0,05	% 32,3
Cd x süre	9	97	< 0,01	% 84,5
Cd x besin	3	51	< 0,01	% 70,7
Süre x besin	3	12	< 0,05	% 45,5
Cd x süre x besin	9	21	< 0,01	% 66,4
Hata	64			
<b>NO<sup>-3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>		<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	453	< 0,01	% 97,5
Süre	3	321	< 0,01	% 95,8
Cd x Süre	9	56	< 0,01	% 72,5
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cd konsantrasyonu	3	103	< 0,01	% 92,3
Süre	3	2314	< 0,01	% 99,7
Cd x Süre	9	24	< 0,01	% 76,1
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Cd konsantrasyonu	3	364	< 0,01	% 95,3
Süre	3	2134	< 0,01	% 99,6
Cd x süre	9	112	< 0,01	% 85,4
Hata	36			

#### 4.4.6. *L. trisulca*'da Zn Akümüasyonu

*L. trisulca*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Zn uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Zn miktarları ve standart hata değerleri Tablo 4.53'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.54'de gösterilmiştir. Tablo 4.53 ve Tablo 4.54 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun Zn alınımı üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Zn alınımı üzerine % 71,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Zn alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 44,1 oranında ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

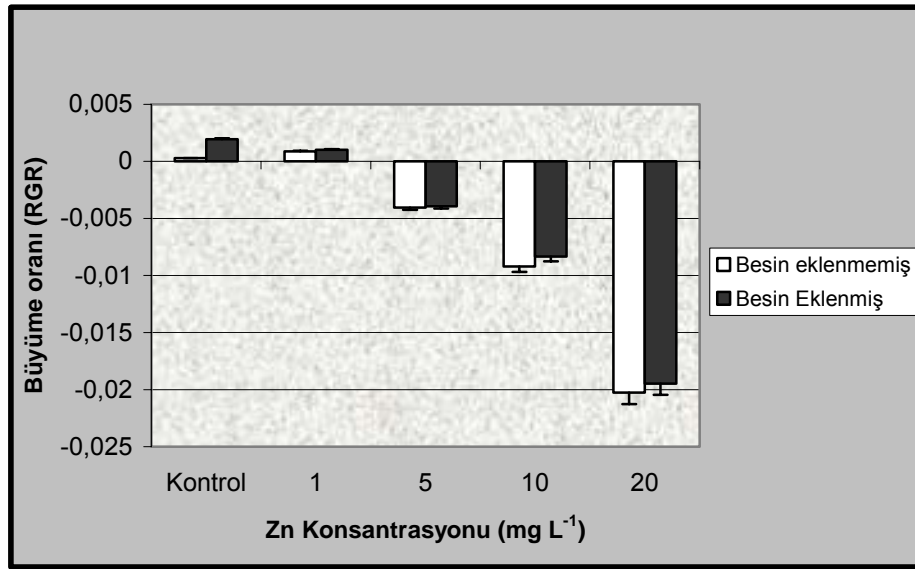
Tablo 4.53. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *L. trisulca* örneklerindeki Zn miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Zn Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,04±0,01	0,02	0,08	0,05±0,01	0,03	0,10
<b>1</b>	292±10,5	276	312	209±10,7	197	231
<b>5</b>	699±12,4	678	721	610±6,7	598	621
<b>10</b>	1057±44	997	1143	1039±32	992	1102
<b>20</b>	2053±41	1996	2132	1566±61	1447	1654

#### 4.4.6.1. *L. trisulca*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.183'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.54'de

gösterilmiştir. Zn konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 92,3 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 37,4 ( $p<0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 61,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.



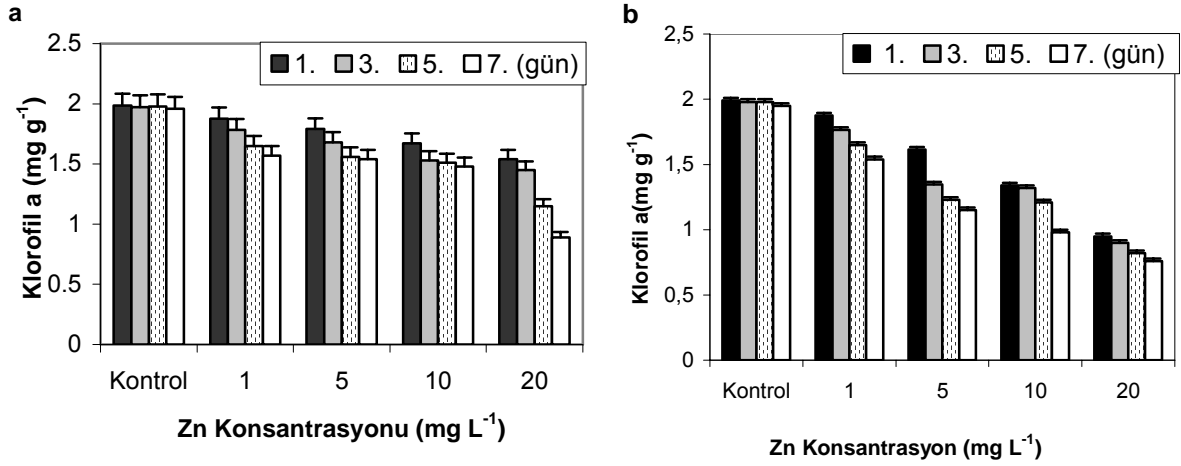
Şekil 4.183. *L. trisulca*'da yedi günlük Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.6.2. *L. trisulca*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.184'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.54'de gösterilmiştir. Şekil 4.184 ve Tablo 4.54 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 96,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 81,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,7 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 93,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte



etkisine bakıldığında % 74,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 13,7 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 76,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

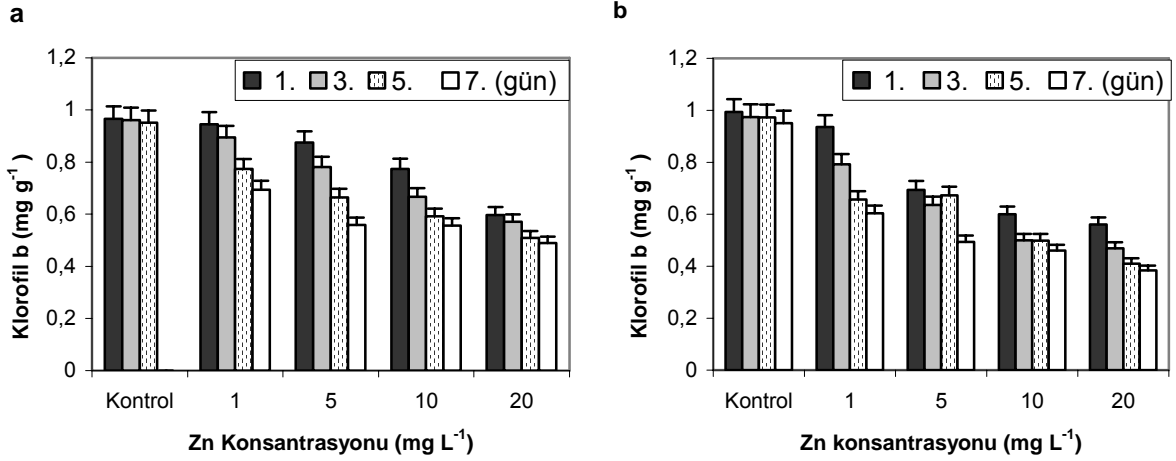


Şekil 4.184. *L. trisulca*'da Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.6.3. *L. trisulca*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.185'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.54'de gösterilmiştir. Şekil 4.185 ve Tablo 4.54 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 95,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 80,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,6 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 92,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 51,6 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 27,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

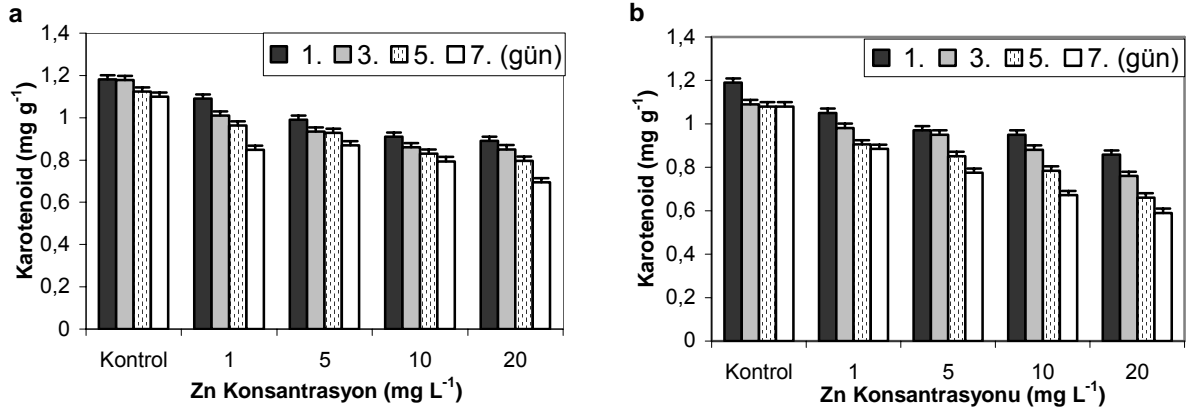
Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 72,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.185. *L. trisulca*'ya Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.6.5. *L. trisulca*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.186'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.54'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 97,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Zn konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Zn konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 76,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 65,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 34,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 65,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.186 ve Tablo 4.54).

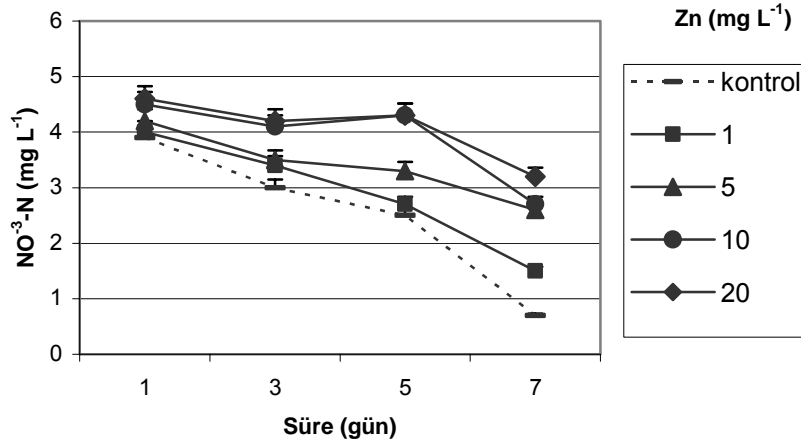


Şekil 4.186. *L. trisulca*'ya Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.6.5 *L. trisulca*'da Zn Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.187'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.54'de gösterilmiştir.

Zn konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 83,5 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 78,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 44,1 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.187 ve Tablo 4.54).

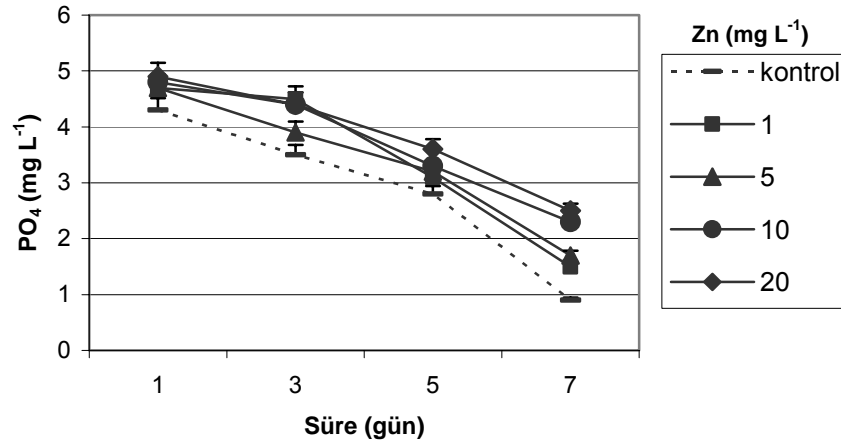


Şekil 4.187. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.6.6 *L. trisulca*'da Zn Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.188'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.54'de gösterilmiştir.

Şekil 4.188 ve Tablo 4.54 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 89,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 94,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,1 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

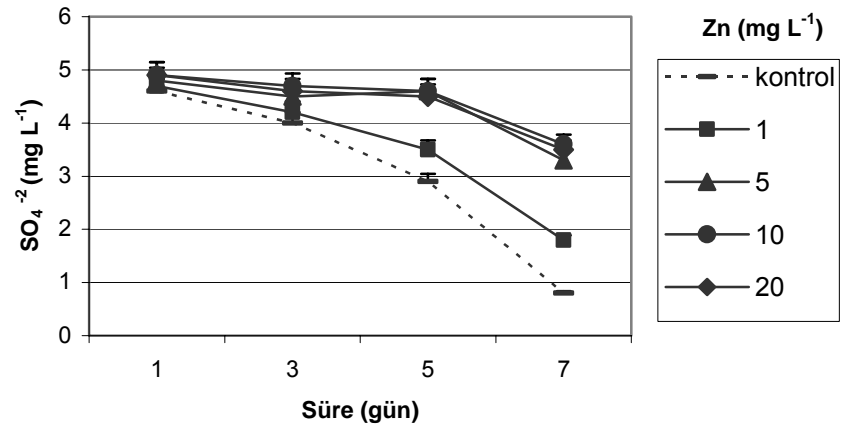


Şekil 4.188. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.6.8 *L. trisulca*'da Zn Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.189'da iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.54'de gösterilmiştir.

Zn konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 91,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 97,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 81,4 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.189 ve Tablo 4.54).



Şekil 4.189. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.54. Zn uygulanmış *L. trisulca* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Zn akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	7345	< 0,01	% 99,3
Besin	1	834	< 0,01	% 71,2
Zn x Besin	3	42	<0,05	% 44,1
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	436	< 0,01	% 92,3
Besin	1	13	< 0,05	% 37,4
Zn x Besin	3	21	< 0,01	% 61,2
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	6765	< 0,01	% 96,5
Zn konsantrasyonu	3	15262	< 0,01	% 99,7
Besin	1	2614	<0,01	% 81,1
Zn x süre	9	169	<0,01	% 93,2
Zn x besin	3	130	<0,01	% 74,3
Süre x besin	3	11	<0,05	% 13,7
Zn x süre x besin	9	100	<0,01	% 76,2
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	986	< 0,01	% 95,7
Zn konsantrasyonu	3	4215	< 0,01	% 99,6
Besin	1	223	< 0,01	% 80,7
Süre x Zn	9	342	< 0,01	%92,3
Süre x besin	3	11	< 0,05	%27,1
Zn x besin	3	31	< 0,05	%51,6
Süre x Zn x Besin	9	23	< 0,01	%72,6
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1020	< 0,01	% 97,9
Zn konsantrasyonu	3	3126	< 0,01	% 99,3
Besin	1	674	< 0,01	% 76,4
Zn x süre	9	176	< 0,01	% 82,3
Zn x besin	3	98	< 0,01	% 65,8
Süre x besin	3	25	< 0,05	% 34,1
Zn x süre x besin	9	32	< 0,01	% 65,2
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	723	< 0,01	% 83,5
Süre	3	432	< 0,01	% 78,2
Zn x Süre	9	16	< 0,05	% 44,1
Hata	36			

$PO_4^-$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Zn konsantrasyonu	3	121	< 0,01	% 89,3
Süre	3	1432	< 0,01	% 94,2
Zn x Süre	9	24	< 0,01	% 72,1
Hata	36			
$SO_4^{-2}$	df	F	Sig.	Etki Büyüklüğü
Zn konsantrasyonu	3	243	< 0,01	% 91,4
Süre	3	856	< 0,01	% 97,2
Zn x süre	9	67	< 0,01	% 81,4
Hata	36			

#### 4.4.7. *L. trisulca*'da Cu Akümüasyonu

*L. trisulca*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cu uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Cu miktarları Tablo 4.55'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.56'da gösterilmiştir. Tablo 4.55 ve Tablo 4.56 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun Cu alınımı üzerinde % 99,9 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de Cu alınımı üzerine % 97,2 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cu alınımının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 98,3 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

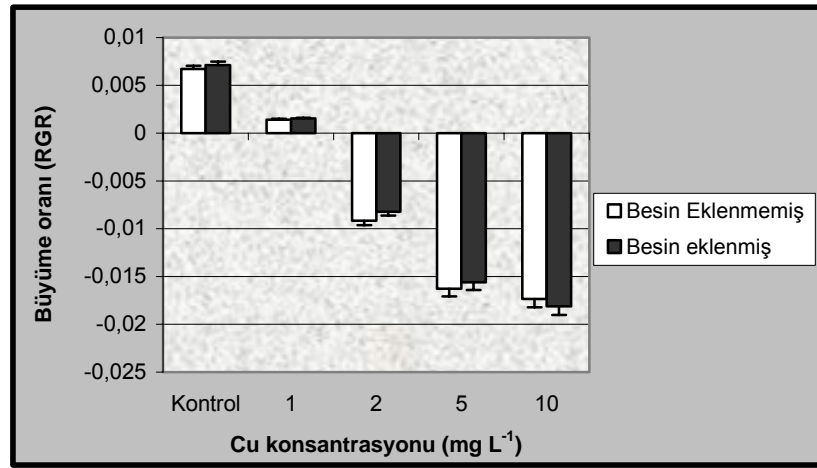
Tablo 4.55. *L. trisulca*'da besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki Cu miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Cu Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş		Besin Eklenmiş			
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,02±0,00	0,01	0,05	0,03±0,01	0,01	0,08
<b>1</b>	73±9,0	56	87	76±5,5	67	86
<b>2</b>	222±4,9	214	231	199±7,8	186	213
<b>5</b>	873±15,1	845	897	682±8,3	670	698
<b>10</b>	2025±14,5	1997	2045	1192±35	1134	1256

#### 4.4.7.1. *L. trisulca*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.190'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.56'da

gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 80,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 71,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.190 ve Tablo 4.56).



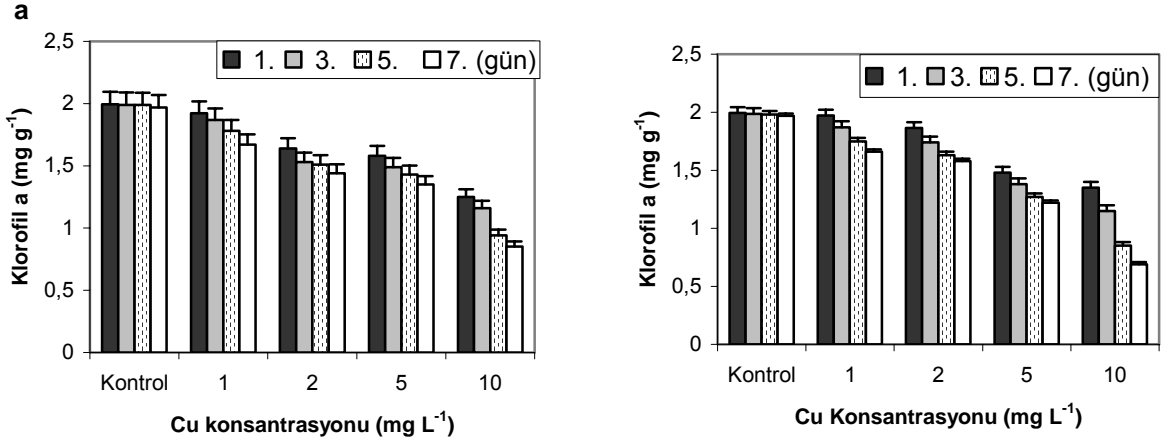
Şekil 4.190. *L. trisulca*'ya yedi günlük Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.7.2. *L. trisulca*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.191'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.56'da gösterilmiştir. Şekil 4.4.44 ve Tablo 4.4.14 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 86,3 ( $p<0,01$ ) oranında olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarındaki değişikliğin önemli olmadığı görülmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 76,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 41,3 oranında ( $p<0,05$ ) önemli



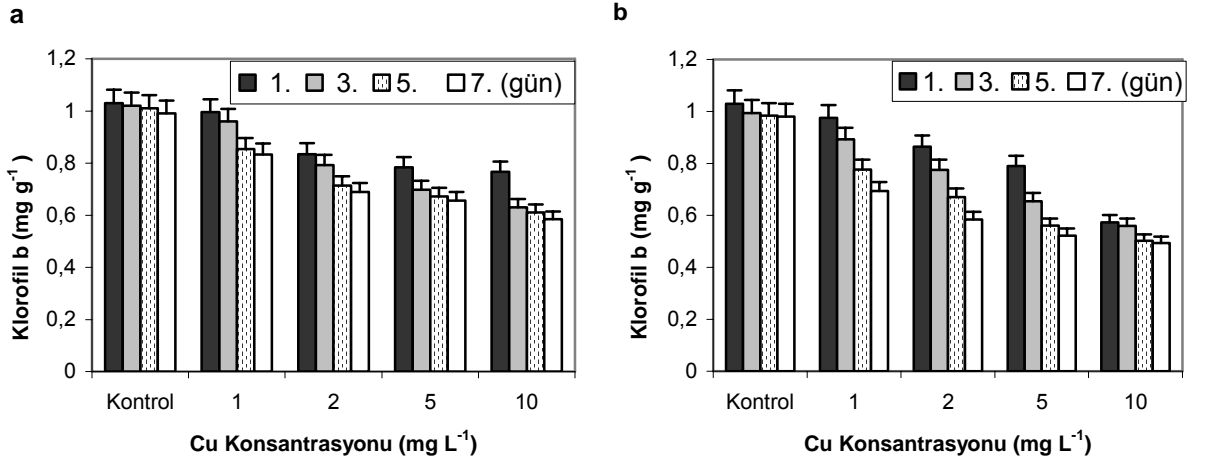
olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 72,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.191. *L. trisulca*'ya Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.7.3. *L. trisulca*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

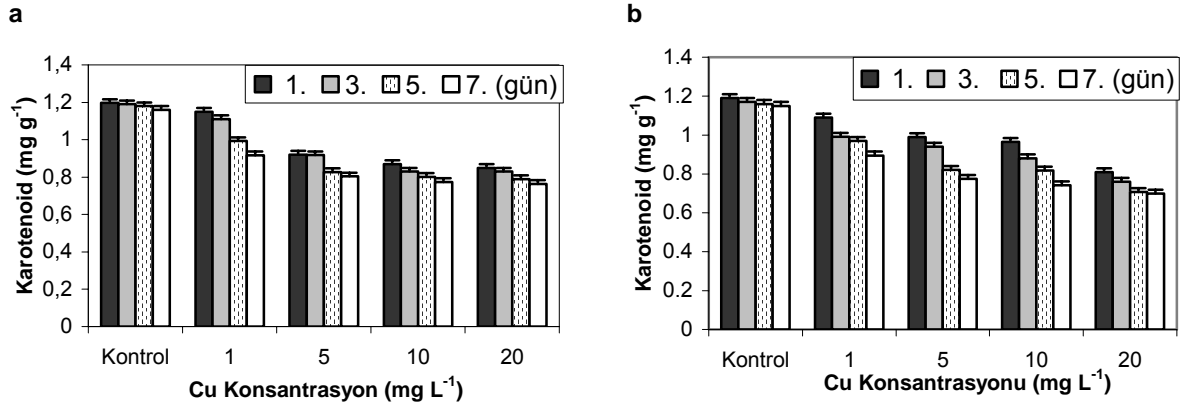
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.192'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.56'da gösterilmiştir. Şekil 4.192 ve Tablo 4.56 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 82,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,6 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 81,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 54,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 71,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.192. *L. trisulca*'da Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.7.4. *L. trisulca*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

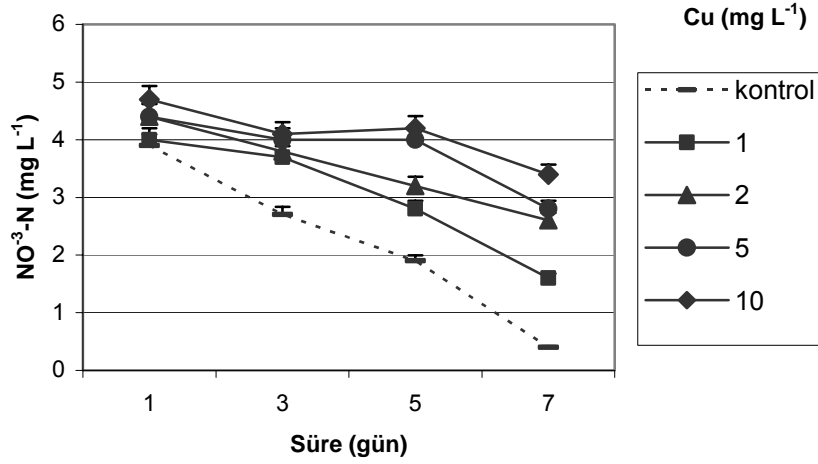
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.193'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.56'da gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 93,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cu konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cu konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 65,6 ( $p<0,05$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 79,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 88,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 31,8 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 74,0 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.193 ve Tablo 4.56).



Şekil 4.193. *L. trisulca*'ya Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.4.7.5 *L. trisulca*'da Cu Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

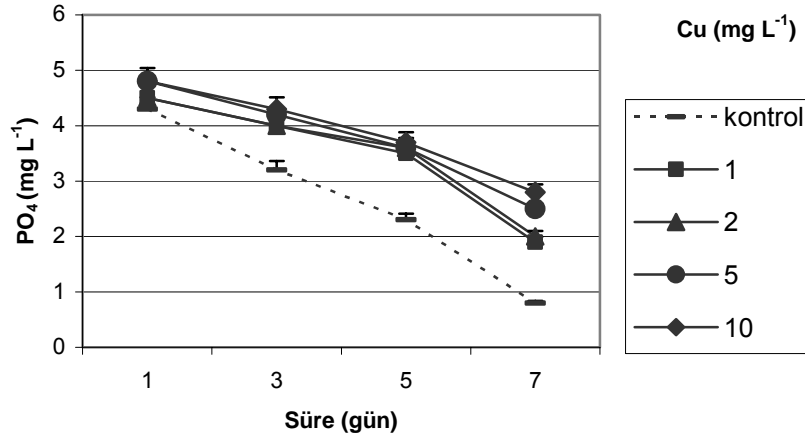
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.194'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.56'da gösterilmiştir. Şekil 4.194 ve Tablo 4.56 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 90,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 91,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 75,4 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.194. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.7.6 *L. trisulca*'da Cu Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

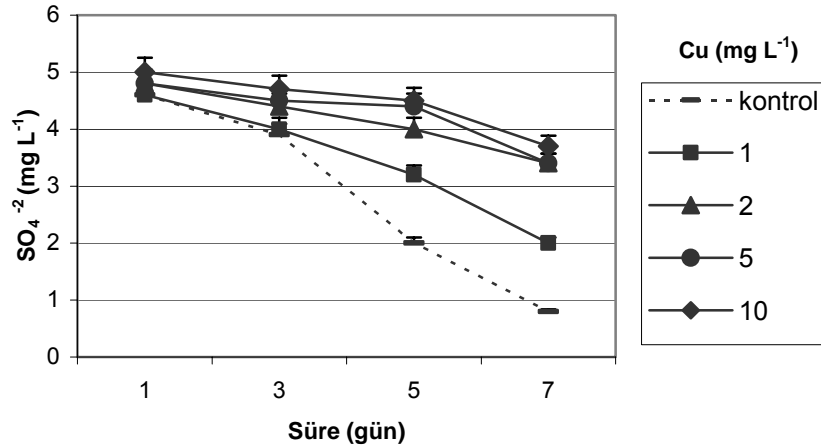
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.195'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.56'da gösterilmiştir. Şekil 4.195 ve Tablo 4.56 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 99,7 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 98,4 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,3 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.195. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.4.7.7 *L. trisulca*'da Cu Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.196'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.56'da gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 98,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 96,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 85,1 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.196 ve Tablo 4.56).



Şekil 4.196. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.56. Cu uygulanmış *L. trisulca* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cu akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	3976	< 0,01	% 99,9
Besin	1	557	< 0,01	% 97,2
Cu x Besin	3	312	<0,01	% 98,3
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	9878	< 0,01	% 99,7
Besin	1	756	< 0,01	% 80,6
Cu x Besin	3	92	< 0,01	% 71,4
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3465	< 0,01	% 98,9
Cu konsantrasyonu	3	12654	< 0,01	% 99,5
Besin	1	1321	<0,01	% 86,3
Cu x süre	9	567	<0,01	%90,6
Cu x besin	3	213	<0,01	%76,4
Süre x besin	3	31	<0,05	%41,3
Cu x süre x besin	9	78	<0,01	%72,6
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1981	< 0,01	% 99,1
Cu konsantrasyonu	3	3245	< 0,01	% 99,6
Besin	1	867	< 0,01	% 82,4
Süre x Cu	9	234	< 0,01	%71,2
Süre x besin	3	56	< 0,05	%54,2
Cu x besin	3	342	< 0,01	%81,5
Süre x Cu x Besin	9	34	< 0,01	%71,4
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	989	< 0,01	% 93,5
Cu konsantrasyonu	3	2348	< 0,01	%99,7
Besin	1	14	< 0,01	% 65,6
Cu x süre	9	17	< 0,01	%79,0
Cu x besin	3	59	< 0,01	%88,6
Süre x besin	3	31	< 0,05	%31,8
Cu x süre x besin	9	28	< 0,01	%74,0
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	456	< 0,01	%90,2
Süre	3	967	< 0,01	%91,3
Cu x Süre	9	64	< 0,01	%75,4
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	203	< 0,01	%99,7
Süre	3	1567	< 0,01	%98,4
Cu x Süre	9	29	< 0,01	%88,3
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	523	< 0,01	%98,9
Süre	3	1269	< 0,01	%96,3
Cu x süre	9	69	< 0,01	%85,1
Hata	36			

#### 4.5. *Spirodela polyrhiza*

##### 4.5.1. *S. polyrhiza*'da Pb Akümülyasyonu

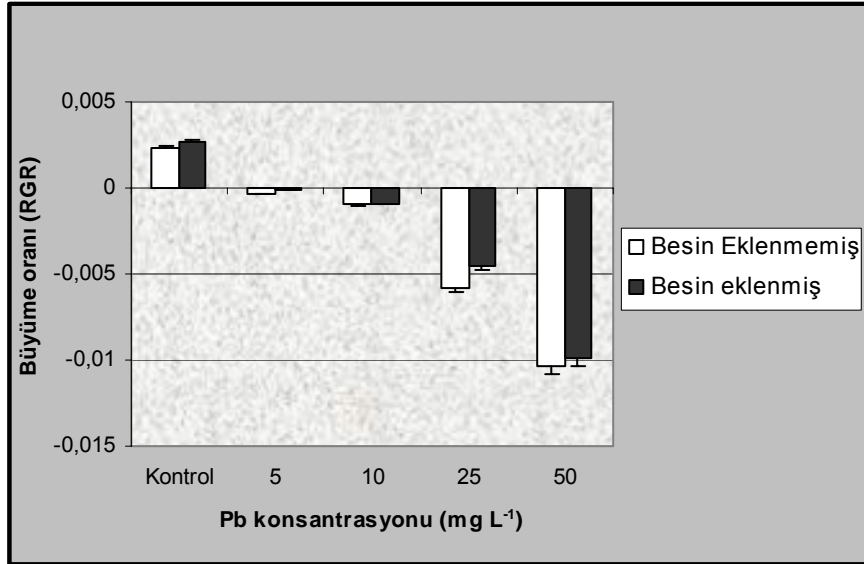
*S. polyrhiza*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Pb uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Pb miktarları Tablo 4.57'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.58'de gösterilmiştir. Tablo 4.57 ve Tablo 4.58 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun Pb alınımı üzerinde % 99,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu, konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Pb alınımı üzerine % 87,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Pb alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 85,1 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4.57. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *S. polyrhiza* örneklerindeki Pb miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Pb</b> <b>Konsantrasyonu</b> <b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>		
	<b>Ort/Std hata</b> <b>(<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata</b> <b>(<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0,07±0,04	0,05	0,22	0,13±0,09	0,10	0,22
<b>5</b>	1371±25	1324	1412	1086±21	1045	1120
<b>10</b>	5068±62	4956	5171	3522±22	3498	3567
<b>25</b>	13964±106	13769	14135	13810±180	13450	14010
<b>50</b>	15059±40	14978	15110	14589±45	14512	14670

#### 4.5.1.1. *S. polyrhiza*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.197'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.58'de gösterilmiştir. Pb konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,7 ( $p < 0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı Tablo 4.58'de belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 89,2 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 83,4 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.197 ve Tablo 4.58).



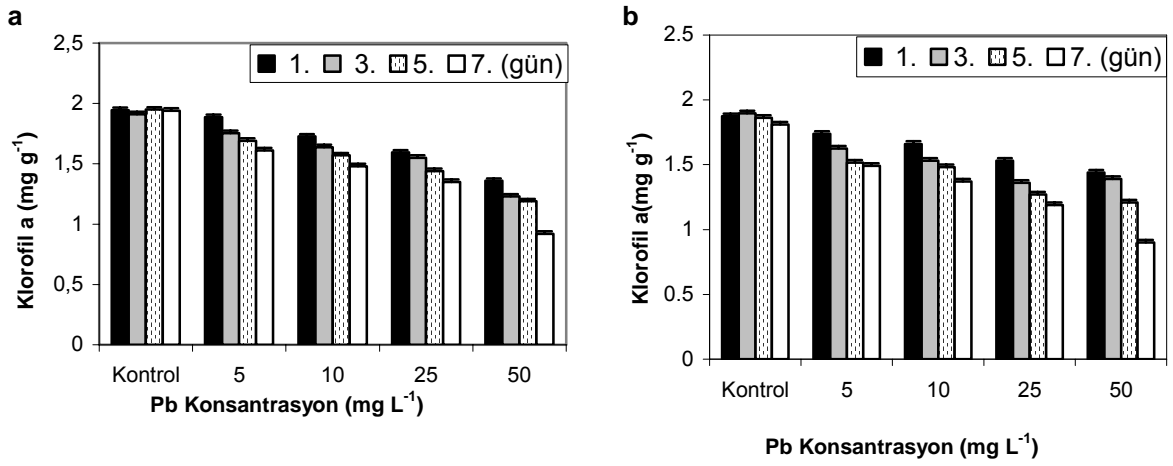
Şekil 4.197. *S. polyrhiza*'da yedi günlük Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.1.2. *S. polyrhiza*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.198'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.58'de gösterilmiştir. Şekil 4.198 ve Tablo 4.58 incelendiğinde klorofil a üzerinde sürenin % 98,4 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun klorofil a üzerinde % 99,1 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu. Pb konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı



görülmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 84,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 76,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 88,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 42,3 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 78,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

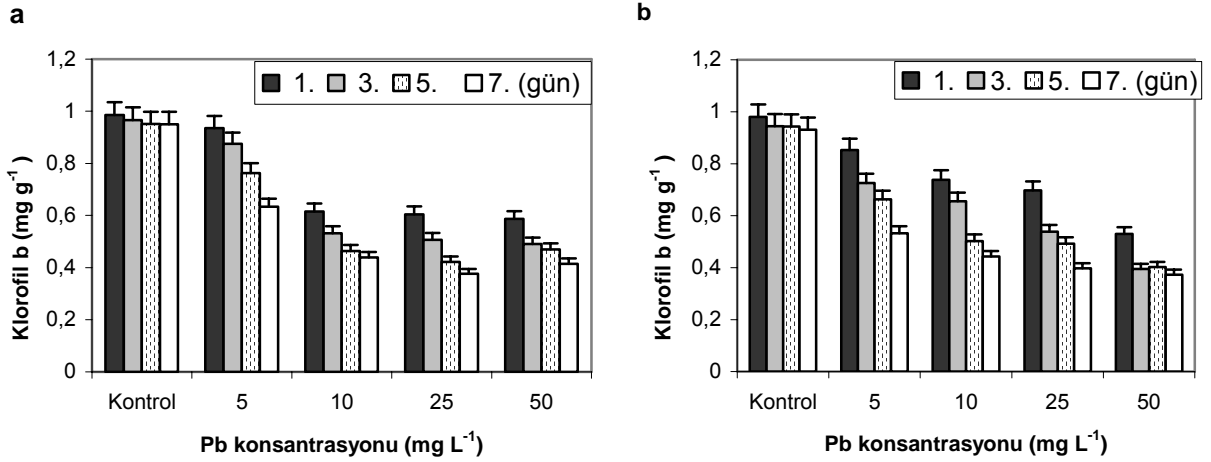


Şekil 4.198. *S. polyrhiza*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.1.3. *S. polyrhiza*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.199'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.58'de gösterilmiştir. Şekil 4.199 ve Tablo 4.58 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 98,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 78,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Cu konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,4 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında

% 84,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 38,3 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 71,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

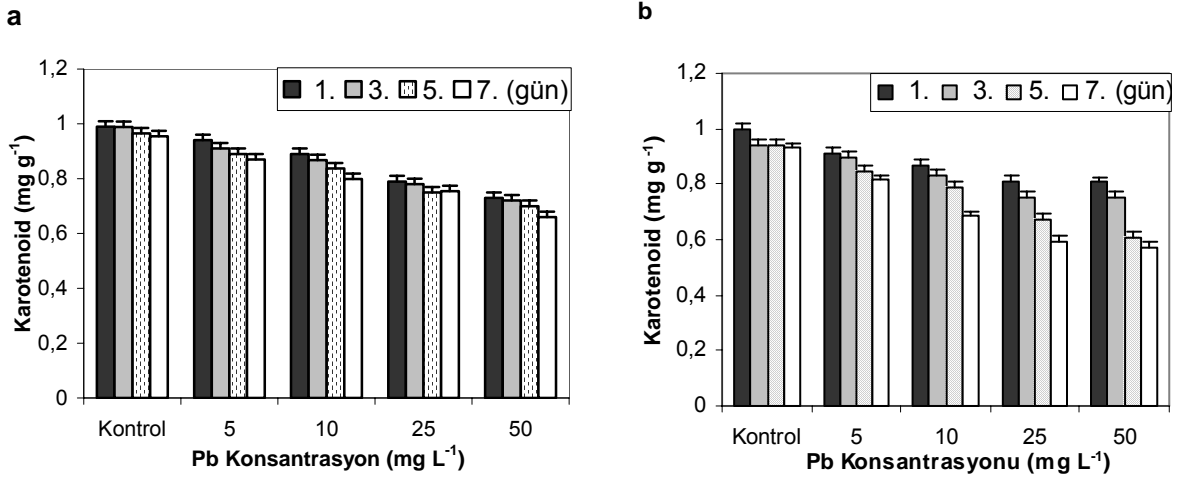


Şekil 4.199 *S. polyrhiza*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.1.4. *S. polyrhiza*'da Pb Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarı

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.200'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.58'de gösterilmiştir. Karotenoid üzerinde sürenin % 94,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Pb konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 81,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 86,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 73,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin

eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 61,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 77,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.200 ve Tablo 4.58).

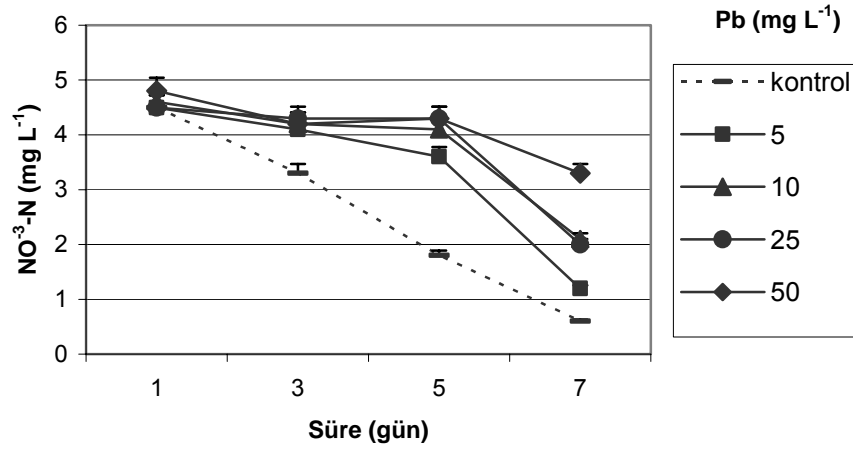


Şekil 4.200 *S. polyrhiza*'ya Pb (5-50 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.1.5. *S. polyrhiza*'da Pb Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.201'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.58'de gösterilmiştir.

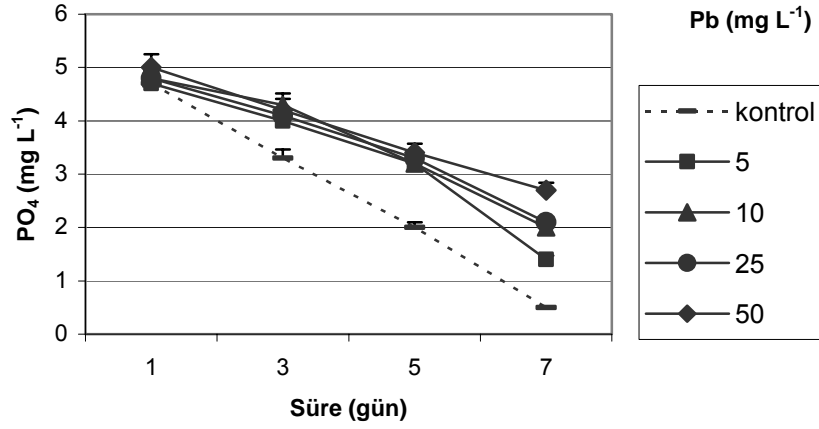
Şekil 4.201 ve Tablo 4.58 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 91,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 88,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 45,3 oranında ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.201. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.1.6. *S. polyrhiza*'da Pb Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

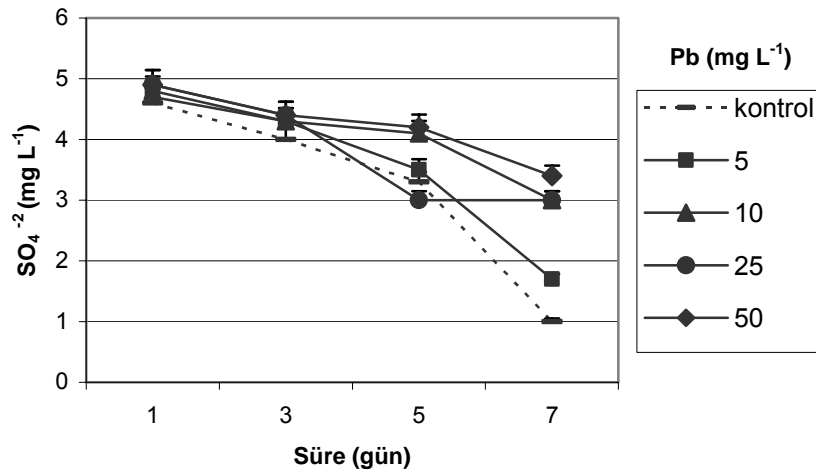
Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.202'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.58'de gösterilmiştir. Şekil 4.202 ve Tablo 4.58 incelendiğinde Pb konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 97,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 98,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,0 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.202. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.1.7. *S. polyrhiza*'da Pb Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.203'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.58'de gösterilmiştir. Sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Pb konsantrasyonunun % 96,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 93,4 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.203 ve Tablo 4.58).



Şekil 4.203. Pb uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.58. Pb uygulanmış *S. polyrhiza* örneklerin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Pb akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	10135	< 0,01	%99,8
Besin	1	113	< 0,01	%87,7
Pb x Besin	3	30	<0,01	%85,1
Hata	20			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	14256	< 0,01	% 99,7
Besin	1	745	< 0,01	% 89,2
Pb x Besin	3	62	< 0,01	% 83,4
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1267	< 0,01	% 98,4
Pb konsantrasyonu	3	9478	< 0,01	% 99,1
Besin	1	765	< 0,01	% 84,3
Pb x süre	9	143	< 0,01	%76,7
Pb x besin	3	845	< 0,01	% 88,9
Süre x besin	3	52	< 0,05	% 42,3
Pb x süre x besin	9	36	< 0,01	% 78,5
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1671	< 0,01	% 98,5
Pb konsantrasyonu	3	8792	< 0,01	% 99,4
Besin	1	178	< 0,01	% 78,1
Süre x Pb	9	321	< 0,01	% 82,1
Süre x besin	3	17	< 0,05	% 38,3
Pb x besin	3	231	< 0,01	% 84,7
Süre x Pb x Besin	9	27	< 0,01	% 71,6
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	561	< 0,01	% 94,2
Pb konsantrasyonu	3	2165	< 0,01	%98,9
Besin	1	312	< 0,01	% 81,5
Pb x süre	9	121	< 0,01	%86,8
Pb x besin	3	61	< 0,01	%73,9
Süre x besin	3	37	< 0,01	%61,3
Pb x süre x besin	9	23	< 0,01	%77,1
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	612	< 0,01	%91,7
Süre	3	108	< 0,01	%88,1
Pb x Süre	9	12	< 0,05	%45,3
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	578	< 0,01	%97,3
Süre	3	1038	< 0,01	%98,4
Pb x Süre	9	52	< 0,01	%90,0
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>Sig</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Pb konsantrasyonu	3	172	< 0,01	%96,3
Süre	3	2462	< 0,01	%99,2
Pb x süre	9	85	< 0,01	%93,4
Hata	36			

#### 4.5.2. *S. polyrhiza*'da Ni Akümülyasyonu

*S. polyrhiza*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Ni uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Ni miktarları Tablo 4.59'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.60'da gösterilmiştir. Tablo 4.59 ve Tablo 4.60 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun Ni alınımı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de Ni alınımı üzerine % 74,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Ni alınımının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 55,0 oranında ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.

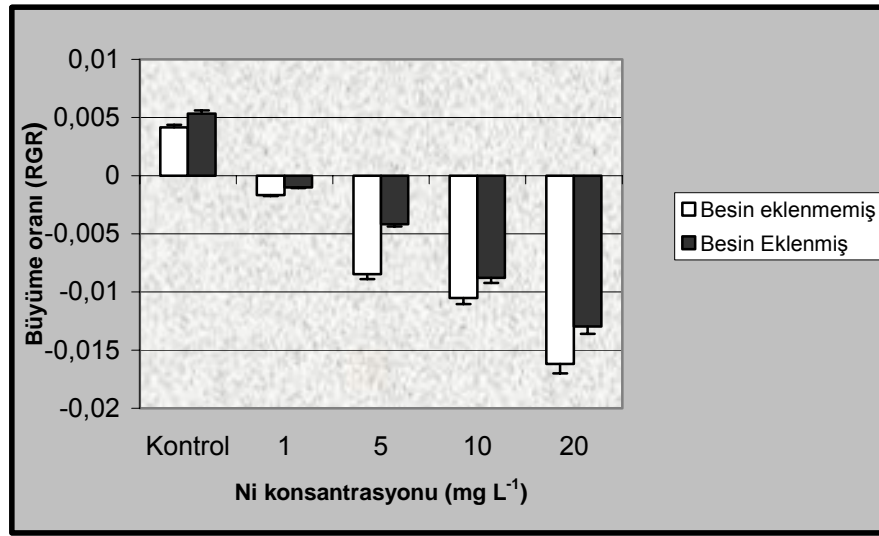
Tablo 4.59. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *S. polyrhiza* örneklerindeki Ni miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Ni Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	hata		Ort/Std ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	hata	
		Min	Maks		Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,04±0,01	0,01	0,12	0,07±0,02	0,04	0,18
<b>1</b>	113±8,3	97	125	92±9	79	110
<b>5</b>	533±33	478	594	454±15	426	478
<b>10</b>	1019±18	989	1054	908±7	897	923
<b>20</b>	1917±31	1879	1980	1712±26	1679	1765

##### 4.5.2.1 *S. polyrhiza*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.204'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.60'da

gösterilmiştir. Ni konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 90,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.204 ve Tablo 4.60).



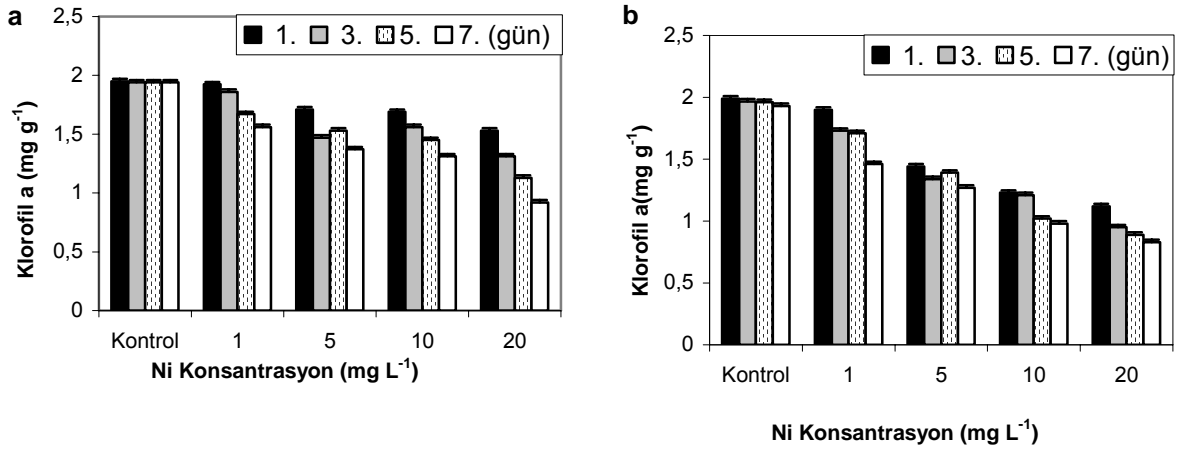
Şekil 4.204. *S. polyrhiza*'da yedi günlük Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.2.2 *S. polyrhiza*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.205'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.60'da gösterilmiştir. Şekil 4.205 ve Tablo 4.60 incelendiğinde klorofil a sürenin üzerinde % 97,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 81,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ni konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 98,7 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 95,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin



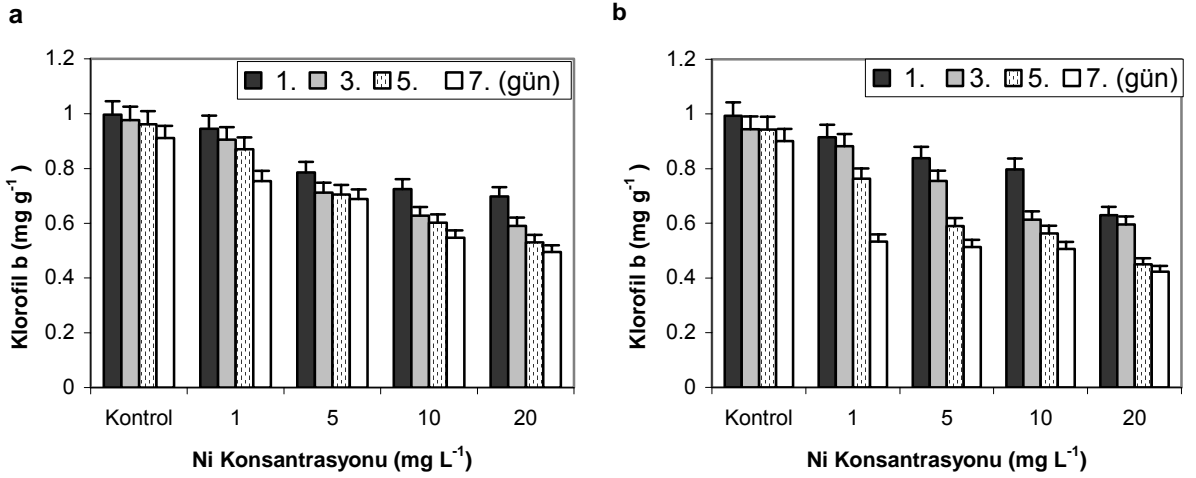
birlikte etkisine bakıldığında % 61,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 76,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.205. *S. polyrhiza*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.2.3 *S. polyrhiza*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

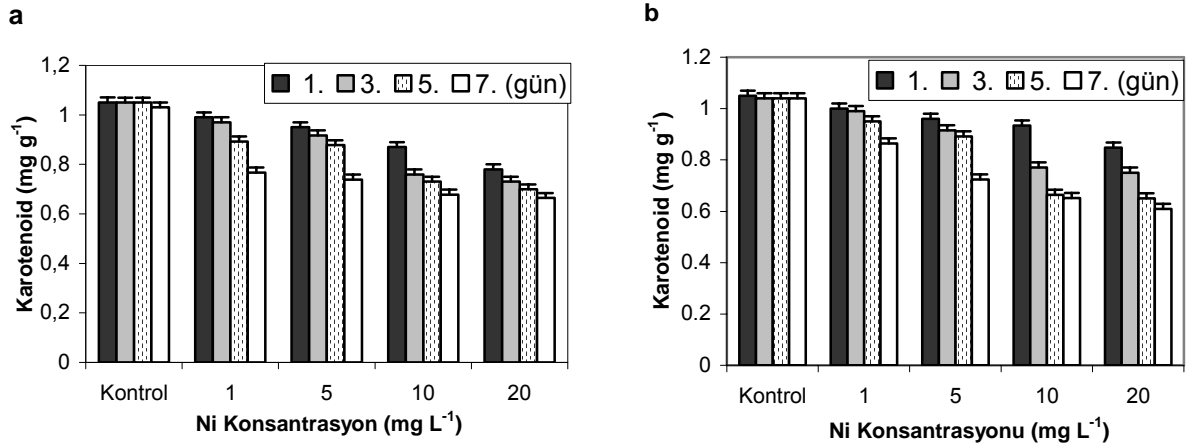
Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.206'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.60'da gösterilmiştir. Sürenin klorofil b üzerinde % 97,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 83,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ni konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,7 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 72,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 45,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 79,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.206 ve Tablo 4.60).



Şekil 4.206. *S. polyrhiza*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.2.4 *S. polyrhiza*'da Ni Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.207'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.60'da gösterilmiştir. Şekil 4.207 ve Tablo 4.60 incelendiğinde sürenin karotenoid üzerinde % 96,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı belirlenmiştir. Ni konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Ni konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı görülmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 71,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 69,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 38,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 78,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

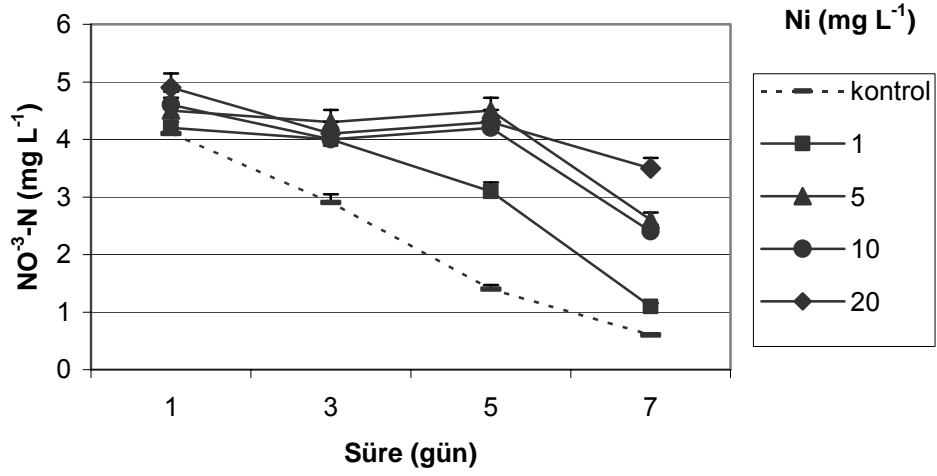


Şekil 4.207. *S. polyrhiza*'ya Ni (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.2.5. *S. polyrhiza*'da Ni Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.208'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.60'da gösterilmiştir.

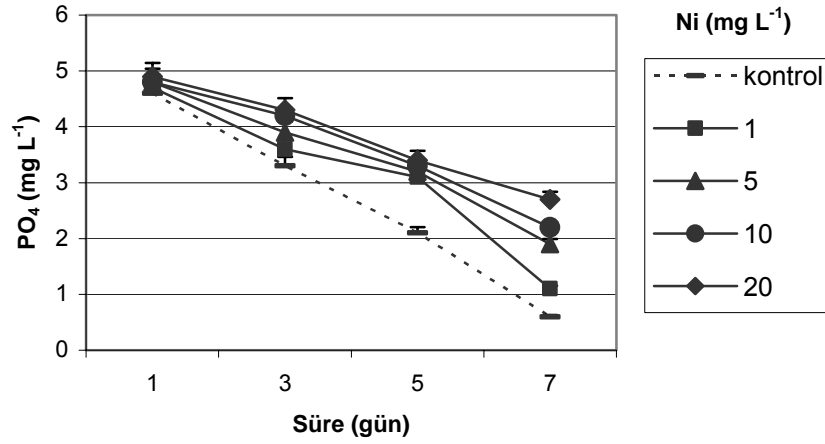
Ni konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 84,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 81,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 41,3 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.208 ve Tablo 4.60).



Şekil 4.208. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.2.6. *S. polyrhiza*'da Ni Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

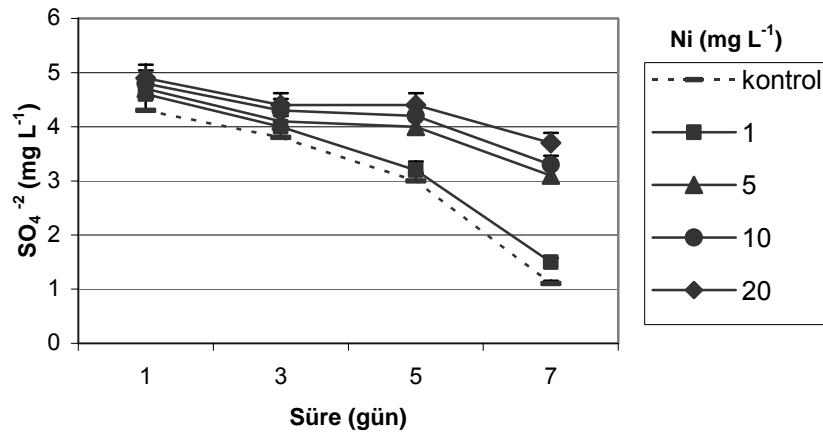
Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.209'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.60'da gösterilmiştir. Şekil 4.209 ve Tablo 4.60 incelendiğinde Ni konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 91,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 79,6 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.209. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.2.7. *S. polyrhiza*'da Ni Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.210'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.60'da gösterilmiştir. Sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Ni konsantrasyonunun % 92,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 95,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,7 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.210 ve Tablo 4.60).



Şekil 4.210. Ni uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.60. Ni uygulanmış *S. polyrhiza* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Ni akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	2388	< 0,01	% 99,8
Besin	1	47	< 0,01	% 74,8
Ni x Besin	3	6,5	<0,05	% 55,0
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	14578	< 0,01	% 99,7
Besin	1	4178	< 0,01	% 99,9
Ni x Besin	3	847	< 0,01	% 90,4
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3125	< 0,01	% 97,1
Ni konsantrasyonu	3	6436	< 0,01	% 98,7
Besin	1	547	< 0,01	% 81,5
Ni x süre	9	632	< 0,01	% 88,9
Ni x besin	3	792	< 0,01	% 95,2
Süre x besin	3	65	< 0,01	% 61,3
Ni x süre x besin	9	45	< 0,01	% 76,4
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	923	< 0,01	% 97,2
Ni konsantrasyonu	3	1895	< 0,01	% 99,7
Besin	1	324	< 0,01	% 83,1
Süre x Ni	9	53	< 0,01	%71,6
Süre x besin	3	43	< 0,05	%45,2
Ni x besin	3	79	< 0,01	%72,2
Süre x Ni x Besin	9	38	< 0,01	%79,8
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	786	< 0,01	% 96,3
Ni konsantrasyonu	3	1957	< 0,01	%99,5
Besin	1	58	< 0,01	% 71,7
Ni x süre	9	157	< 0,01	%82,5
Ni x besin	3	46	< 0,01	%69,9
Süre x besin	3	12	< 0,05	%38,1
Ni x süre x besin	9	31	< 0,01	%78,3
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	664	< 0,01	% 84,4
Süre	3	1426	< 0,01	%81,3
Ni x Süre	9	107	< 0,05	%41,3
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	1165	< 0,01	% 91,1
Süre	3	3236	< 0,01	% 99,3
Ni x Süre	9	79	< 0,05	% 79,6
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Ni konsantrasyonu	3	423	< 0,01	% 92,7
Süre	3	4356	< 0,01	% 95,4
Ni x süre	9	78	< 0,01	% 89,7
Hata	36			

#### 4.5.3. *S. polyrhiza*'da Co Akümüasyonu

*S. polyrhiza*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Co uygulanmıştır. Süre sonunda bitkilerdeki Co miktarları Tablo 4.61'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.62'de gösterilmiştir. Tablo 4.61 ve Tablo 4.62 incelendiğinde Co konsantrasyonunun Co alınımı üzerinde % 99,9 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de Co alınımı üzerine % 59,9 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Co alınımının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 43,6 oranında ( $p < 0,05$ ) anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

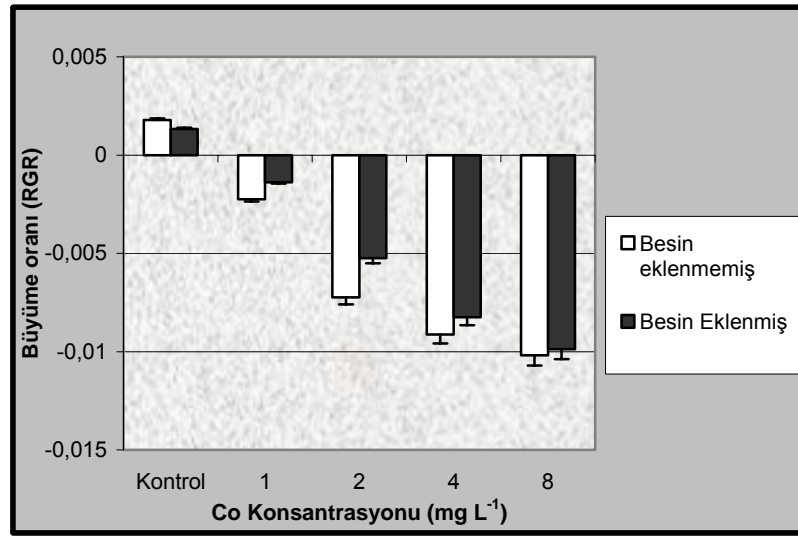
Tablo 4.61. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *S. polyrhiza* örneklerindeki Co miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

Co Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	hata		Ort/Std ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	hata	
		Min	Maks		Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,02±0,00	0,01	0,05	0,03±0,01	0,01	0,07
<b>1</b>	71,3±3,8	64	77	51,3±2,6	47	56
<b>2</b>	281±3,8	276	289	324±6,6	312	335
<b>4</b>	691±19	673	712	677±5,4	668	687
<b>8</b>	907±13	899	923	989±6,9	978	1002

#### 4.5.3.1. *S. polyrhiza*'da Co Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.211'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.5.6'da

gösterilmiştir. Co konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,6 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 84,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 63,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.211 ve Tablo 4.62).



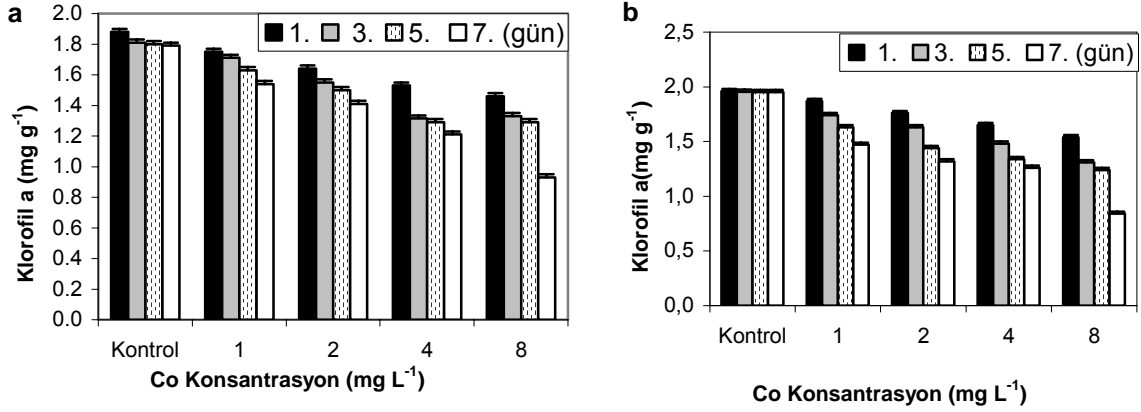
Şekil 4.211. *S. polyrhiza*'da yedi günlük Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.3.2 *S. polyrhiza*'da Co Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.212'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.62'de gösterilmiştir. Şekil 4.212 ve Tablo 4.62 incelendiğinde klorofil a üzerinde sürenin % 93,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 71,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Co konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 90,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin



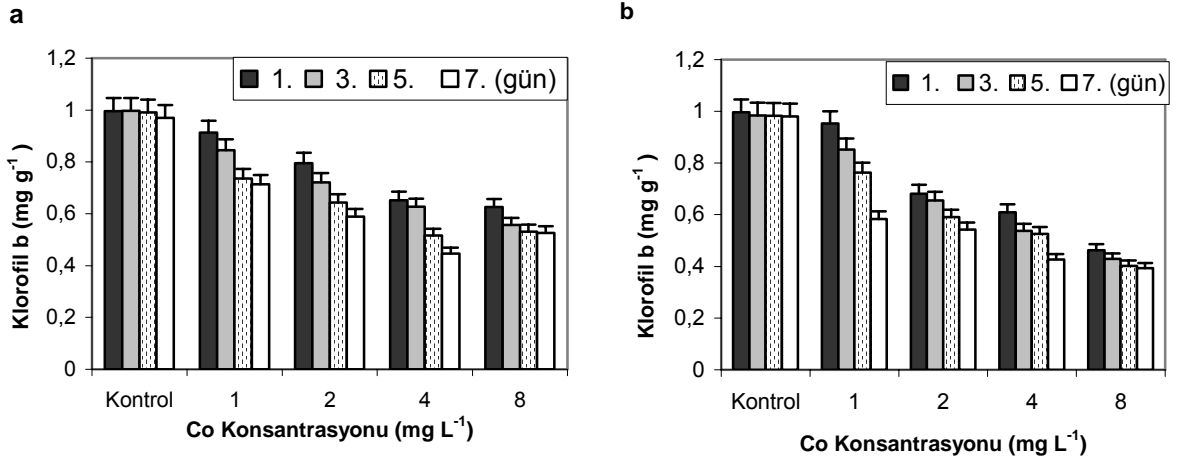
eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 41,3 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 65,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.212. *S. polyrhiza*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.3.3 *S. polyrhiza*'da Co Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

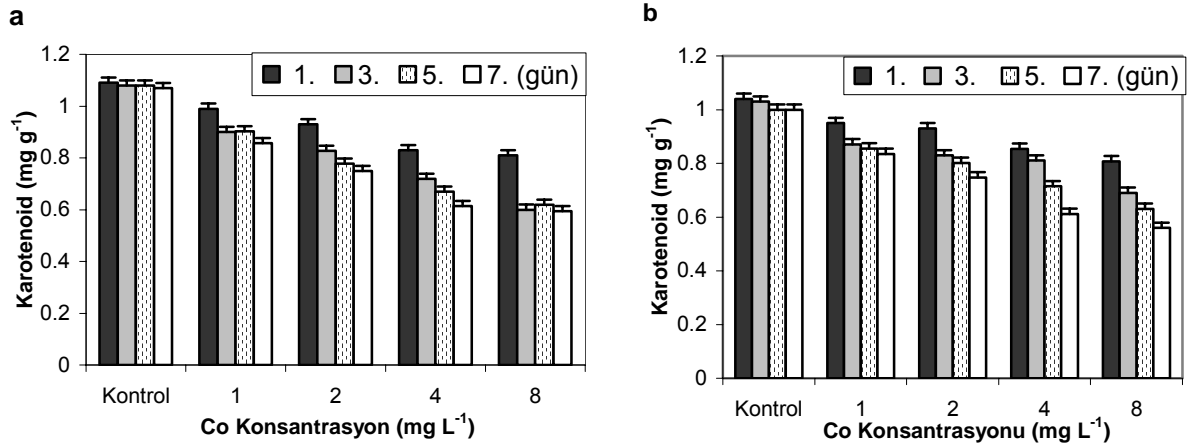
Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.213'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.62'de gösterilmiştir. Şekil 4.213 ve Tablo 4.62 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 92,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 76,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Co konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 97,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 83,8 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 78,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 51,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 61,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.213. *S. polyrhiza*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.3.4 *S. polyrhiza*'da Co Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.214'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.62'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 96,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı belirlenmiştir. Co konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Co konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 71,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkisiz olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 87,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 71,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 43,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 64,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir.

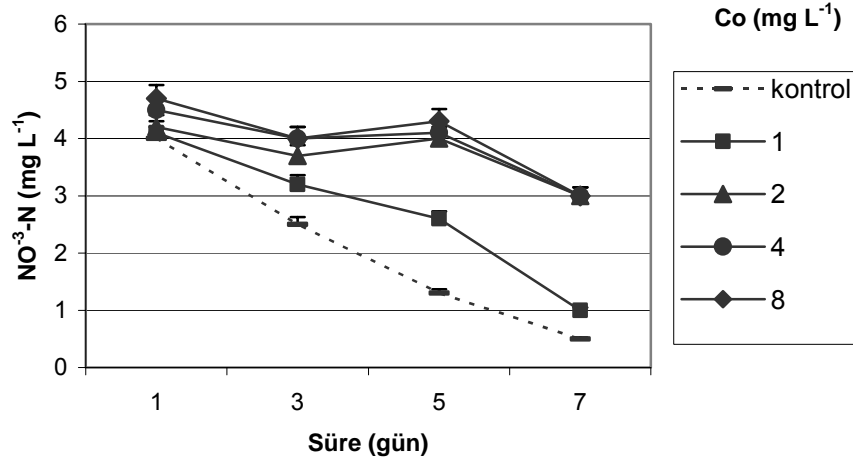


Şekil 4.214. *S. polyrhiza*'ya Co (1-8 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.3.5. *S. polyrhiza*'da Co Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.215'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.62'de gösterilmiştir.

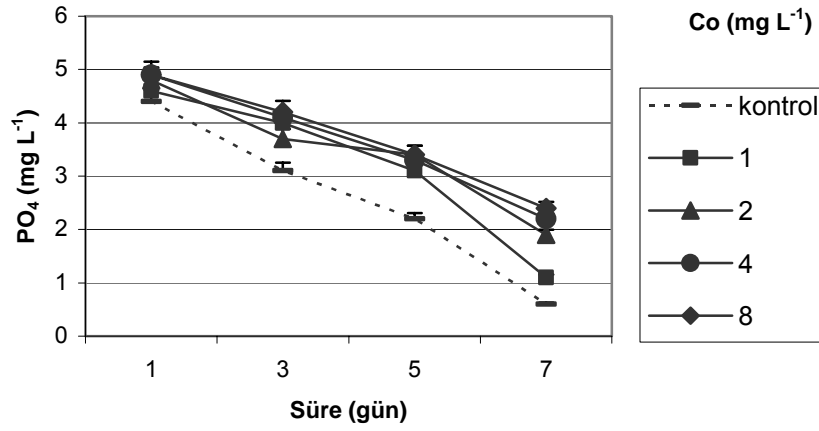
Şekil 4.215 ve Tablo 4.62 incelendiğinde Co konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 91,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 97,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,2 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.215. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.5.3.6. *S. polyrhiza*'da Co Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

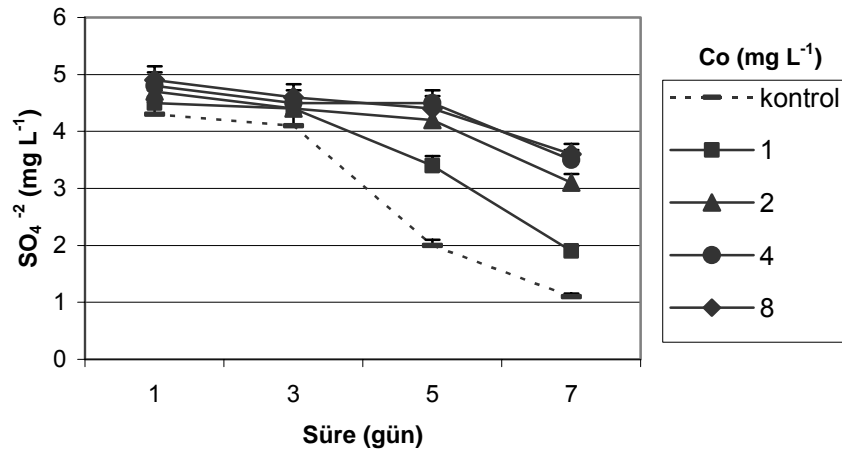
Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.216'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.62'de gösterilmiştir. Co konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 96,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,0 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.216 ve Tablo 4.62).



Şekil 4.216. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.3.8 *S. polyrhiza*'da Co Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.217'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.62'de gösterilmiştir. Şekil 4.217 ve Tablo 4.62 incelendiğinde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Co konsantrasyonunun % 98,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,0 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.217. Co uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.62. Co uygulanmış *S. polyrhiza* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Co akümülyasyonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	7180	< 0,01	%99,9
Besin	1	23	< 0,01	%59,9
Co x Besin	3	27	<0,05	%43,6
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	9634	< 0,01	% 99,6
Besin	1	845	< 0,01	% 84,3
Co x Besin	3	26	< 0,01	% 63,1
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3217	< 0,01	% 93,1
Co konsantrasyonu	3	10435	< 0,01	% 99,5
Besin	1	132	< 0,01	% 71,4
Co x süre	9	231	< 0,01	% 84,3
Co x besin	3	321	< 0,01	% 90,1
Süre x besin	3	11	< 0,05	% 41,3
Co x süre x besin	9	23	< 0,01	% 65,4
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	515	< 0,01	% 92,4
Co konsantrasyonu	3	5238	< 0,01	% 97,5
Besin	1	211	< 0,01	% 76,4
Süre x Co	9	275	< 0,01	%83,8
Süre x besin	3	23	< 0,05	%56,1
Co x besin	3	213	< 0,01	%78,2
Süre x Co x Besin	9	21	< 0,01	%61,1
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1254	< 0,01	% 96,4
Co konsantrasyonu	3	6412	< 0,01	%99,4
Besin	1	48	< 0,01	% 71,3
Co x süre	9	102	< 0,01	%87,6
Co x besin	3	57	< 0,01	%71,4
Süre x besin	3	13	< 0,05	%43,2
Co x süre x besin	9	12	< 0,01	%64,3
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	245	< 0,01	%91,3
Süre	3	4235	< 0,01	%97,1
Co x Süre	9	27	< 0,01	%72,2
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	734	< 0,01	%99,1
Süre	3	2314	< 0,01	%96,5
Co x Süre	9	67	< 0,01	%88,0
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Co konsantrasyonu	3	103	< 0,01	%98,3
Süre	3	2187	< 0,01	%99,2
Co x süre	9	36	< 0,01	%90,0
Hata	36			

#### 4.5.4. *S. polyrhiza*'da Cr Akümülyasyonu

*S. polyrhiza*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cr uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki krom miktarları Tablo 4.63'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.64'de gösterilmiştir. Tablo 4.63 ve Tablo 4.64 incelendiğinde Cr konsantrasyonunun Cr alınımı üzerinde % 99,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de Cr alınımı üzerine % 88,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cr alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 54,4 oranında (p<0,05) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

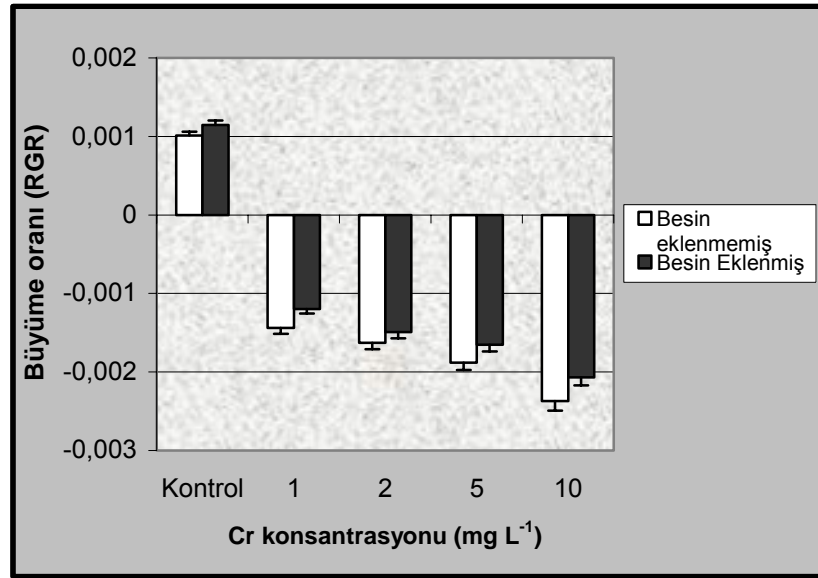
Tablo 4.63. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *S. polyrhiza* örneklerindeki Cr miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

Cr Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Besin Eklenmemiş			Besin Eklenmiş		
	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks	Ort/Std hata ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Min	Maks
<b>Kontrol</b>	0,03±0,01	0,01	0,07	0,04±0,01	0,02	0,11
<b>1</b>	92±8,8	79	109	63±4,0	57	71
<b>2</b>	223±5,6	215	234	111±7,2	98	123
<b>5</b>	354±4,7	345	361	262±4,9	254	271
<b>10</b>	788±22	745	823	693±10	678	712

#### 4.5.4.1 *S. polyrhiza*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.218'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.64'de

gösterilmiştir. Cr konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 89,1 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 85,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 42,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.218 ve Tablo 4.64).



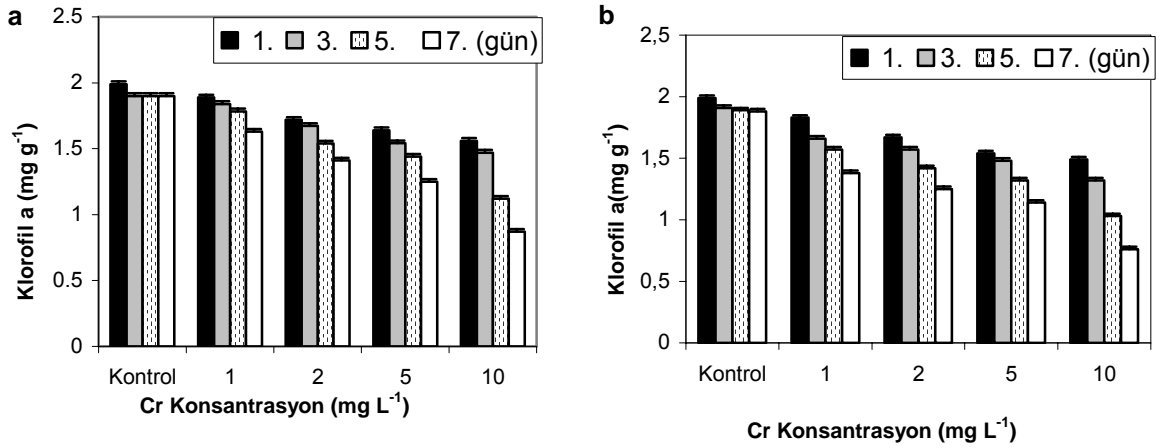
Şekil 4.218. *S. polyrhiza*'da yedi günlük Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.4.2 *S. polyrhiza*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.219'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.64'de gösterilmiştir. Şekil 4.219 ve Tablo 4.64 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 99,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 85,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Cr konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 98,7 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 70,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve



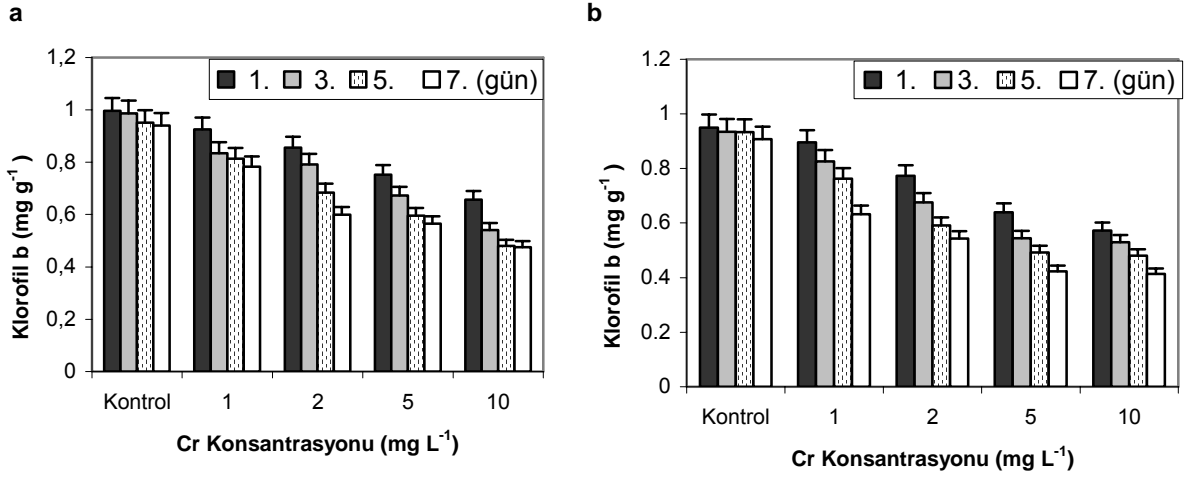
sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 51,3 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 75,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.219. *S. polyrhiza*'ya Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.4.3 *S. polyrhiza*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

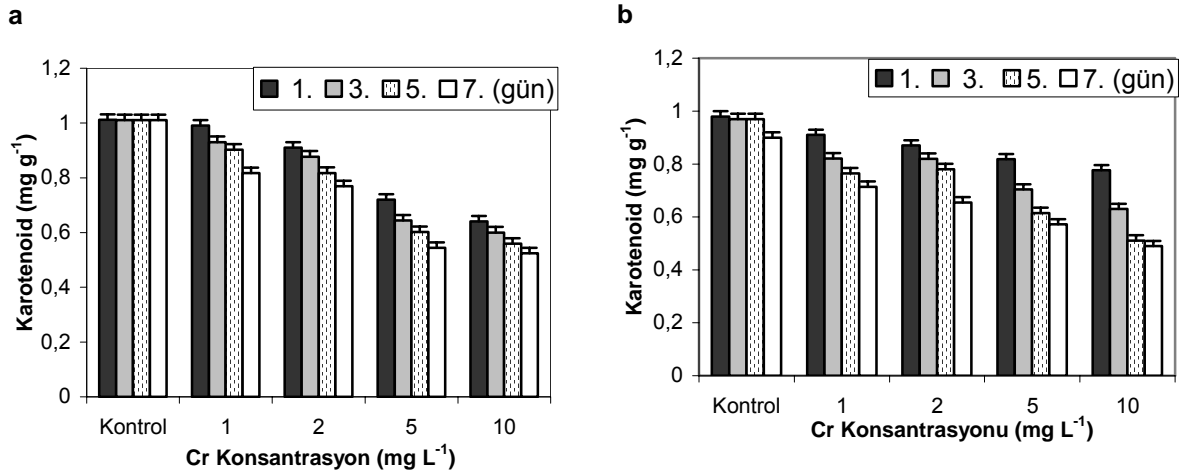
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.220'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.64'de gösterilmiştir. Sürenin klorofil b üzerinde % 97,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 89,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Cr konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 90,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 79,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 75,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 40,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 69,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.220 ve Tablo 4.64).



Şekil 4.220. *S. polyrhiza*'da Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.4.4. *S. polyrhiza*'da Cr Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

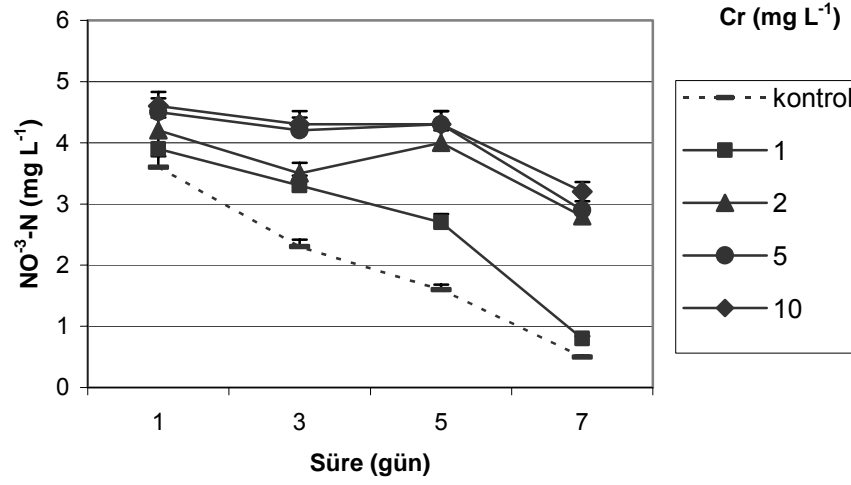
Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.221'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.64'de gösterilmiştir. Şekil 4.221 ve Tablo 4.64 incelendiğinde karotenoid üzerinde sürenin % 95,2 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cr konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 96,1 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu Cr konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 88,3 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 87,1 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 89,0 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 62,8 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 73,8 oranında ( $p < 0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.221. *S. polyrhiza*'ya Cr (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.4.5 *S. polyrhiza*'da Cr Uygulanmış Örneklerin NO<sup>-3</sup>-N Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>-3</sup>-N, değişimleri Şekil 4.222'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.64'de gösterilmiştir. Şekil 4.222 ve Tablo 4.64 incelendiğinde Cr konsantrasyonunun sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerinde % 99,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerine % 90,2 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,3 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

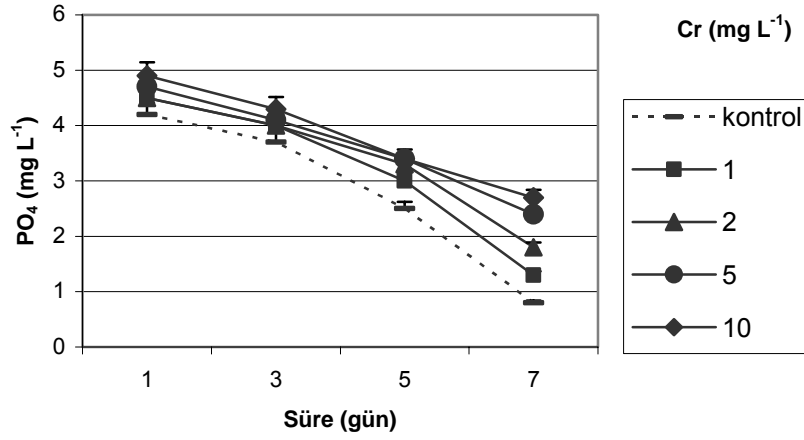


Şekil 4.222. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.4.6 *S. polyrhiza*'da Cr Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$ , değişimleri Şekil 4.223'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.64'de gösterilmiştir.

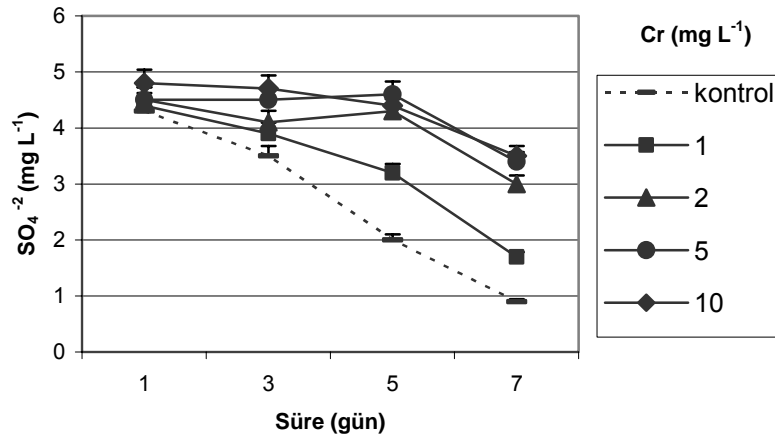
Cr konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 98,3 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,6 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 82,1 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.223 ve Tablo 4.64).



Şekil 4.223. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.4.7 *S. polyrhiza*'da Cr Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, değişimleri Şekil 4.224'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.64'de gösterilmiştir. Sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde Pb konsantrasyonunun % 99,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 98,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 75,2 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.224 ve Tablo 4.64).



Şekil 4.224. Cr uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.64. Cr uygulanmış *S. polyrhiza* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cr akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	1617	< 0,01	% 99,7
Besin	1	125	< 0,01	% 88,7
Cr x Besin	3	6	<0,05	% 54,4
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	1254	< 0,01	% 89,1
Besin	1	934	< 0,01	% 85,1
Cr x Besin	3	32	< 0,05	% 42,2
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3148	< 0,01	% 99,1
Cr konsantrasyonu	3	1546	< 0,01	% 98,7
Besin	1	785	< 0,01	% 85,6
Cr x süre	9	121	< 0,01	% 71,3
Cr x besin	3	79	< 0,01	% 70,1
Süre x besin	3	17	< 0,05	% 51,3
Cr x süre x besin	9	36	< 0,01	% 75,2
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1154	< 0,01	% 97,3
Cr konsantrasyonu	3	945	< 0,01	%90,5
Besin	1	672	< 0,01	% 89,3
Süre x Cr	9	121	< 0,01	%79,2
Süre x besin	3	13	< 0,05	%40,2
Cr x besin	3	105	< 0,01	%75,2
Süre x Cr x Besin	9	38	< 0,01	%69,3
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1324	< 0,01	% 95,2
Cr konsantrasyonu	3	3124	< 0,01	%96,1
Besin	1	945	< 0,01	% 88,3
Cr x süre	9	214	< 0,01	%87,1
Cr x besin	3	1021	< 0,01	%89,0
Süre x besin	3	113	< 0,01	%62,8
Cr x süre x besin	9	41	< 0,01	%73,8
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	3156	< 0,01	%99,1
Süre	3	982	< 0,01	%90,2
Cr x Süre	9	72	< 0,01	%82,3
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	513	< 0,01	%98,3
Süre	3	1452	< 0,01	%99,6
Cr x Süre	9	52	< 0,01	%82,1
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cr konsantrasyonu	3	1356	< 0,01	%99,1
Süre	3	734	< 0,01	%98,9
Cr x süre	9	38	< 0,01	%75,2
Hata	36			

#### 4.5.5. *S. polyrhiza*'da Cd Akümülayonu

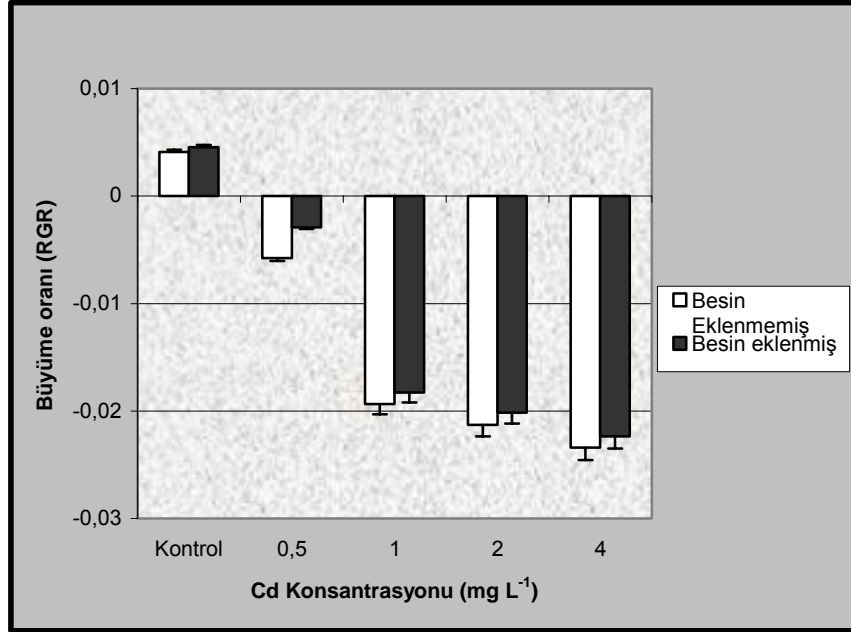
*S. polyrhiza*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cd uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Cd miktarları Tablo 4.65'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.66'da gösterilmiştir. Tablo 4.65 ve Tablo 4.66 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun Cd alınımı üzerinde % 99,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de Cd alınımı üzerine % 92,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cd alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 88,6 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4.65. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *S. polyrhiza* örneklerindeki Cd miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Cd Konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>		
	<b>Ort/Std hata (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0,06±0,01	0,04	0,16	0,05±0,01	0,03	0,12
<b>0.5</b>	263±11	248	287	244±4,4	236	251
<b>1</b>	689±6	678	698	552±8,3	538	567
<b>2</b>	1376±12	1356	1398	1299±6,7	1289	1312
<b>4</b>	3291±27	3246	3341	2986±15	2958	3013

#### 4.5.5.1. *S. polyrhiza*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.225'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.66'da gösterilmiştir. Cd konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 93,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 71,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.225 ve Tablo 4.66).



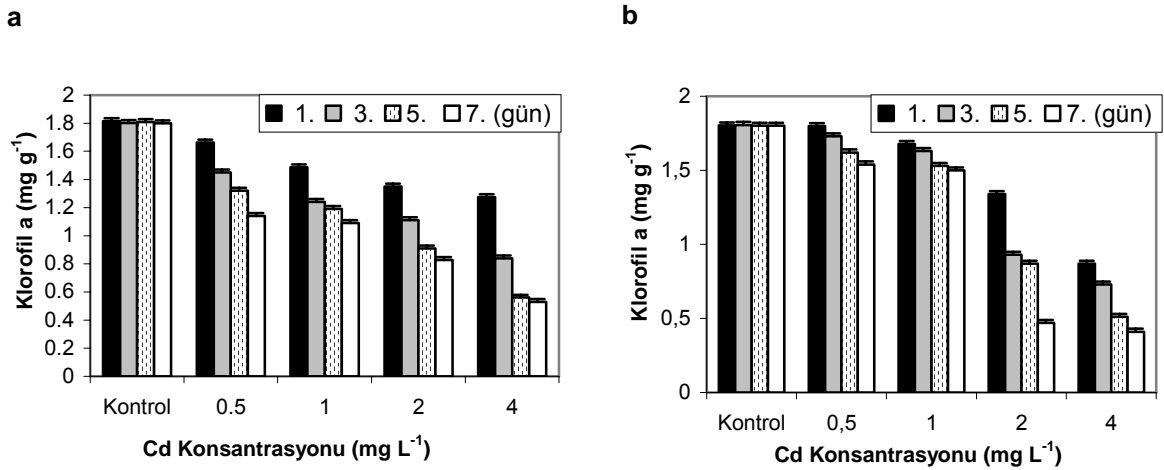
Şekil 4.225. *S. polyrhiza*'ya yedi günlük Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.5.2 *S. polyrhiza*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.226'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.66'da gösterilmiştir. Şekil 4.226 ve Tablo 4.66 incelendiğinde klorofil a üzerinde Cd konsantrasyonunun % 94,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil a



üzerinde % 67,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Sürenin klorofil a üzerinde % 96,2 oranında etkili olduğu ( $p<0,01$ ) süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 85,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 82,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 46,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 75,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olmadığı belirlenmiştir.

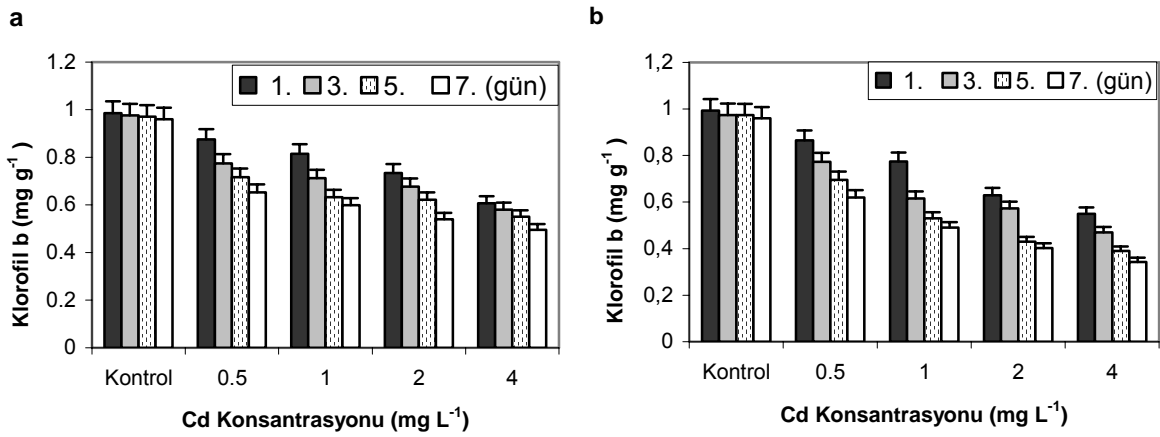


Şekil 4.226. *S. polyrhiza*'ya Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.5.3 *S. polyrhiza*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.227'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.66'da gösterilmiştir. Şekil 4.227 ve Tablo 4.66 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 97,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 81,3 ( $p<0,01$ )

oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cd konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 98,2 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 78,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 34,2 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 70,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.

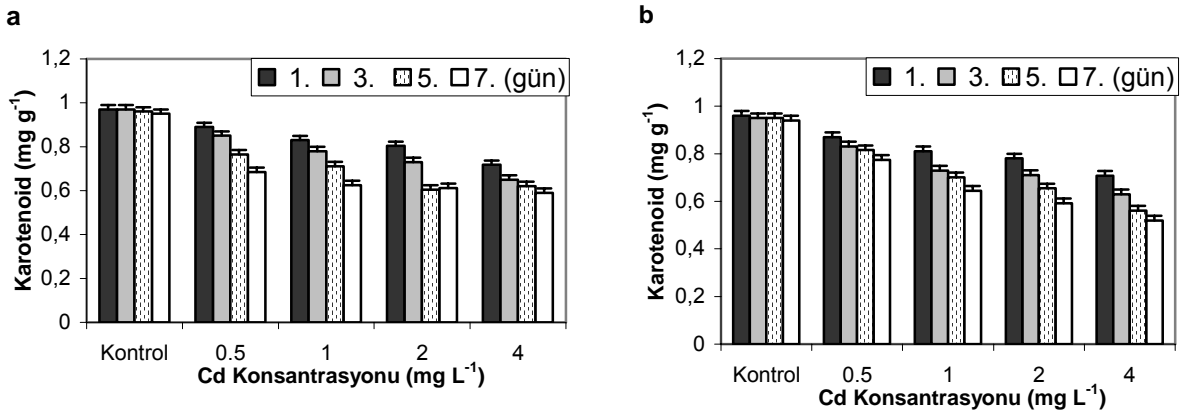


Şekil 4.227. *S. polyrhiza*'ya Cd (0.5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.5.4 *S. polyrhiza*'da Cd Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.228'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.66'da gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 95,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Cd konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cd konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 41,0 ( $p<0,05$ ) oranında etkili olduğu ve

besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 78,9 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 66,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 32,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 71,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.228 ve Tablo 4.66).

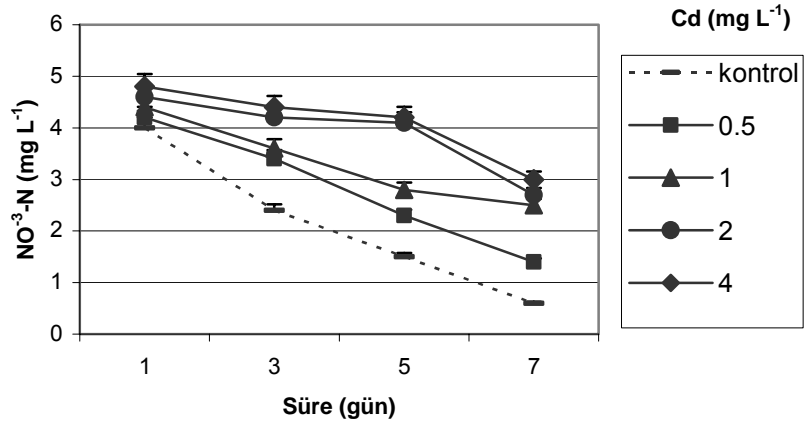


Şekil 4.228. *S. polyrhiza*'ya Cd (0,5-4 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.5.5 *S. polyrhiza*'da Cd Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.229'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.66'da gösterilmiştir.

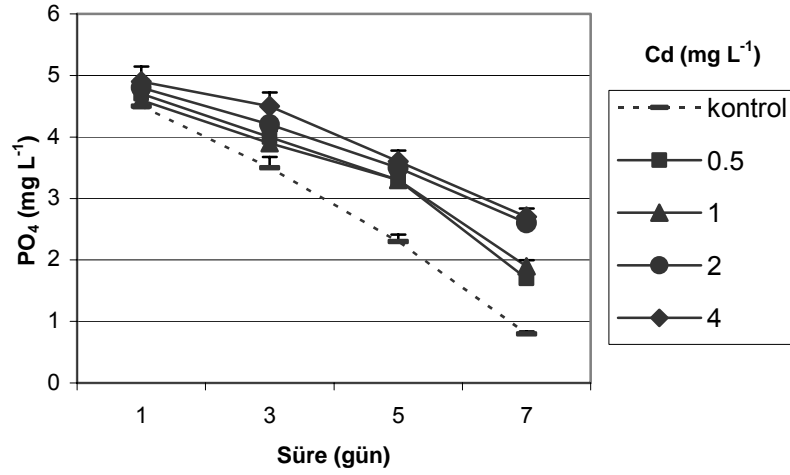
Şekil 4.229 ve Tablo 4.66 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 96,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 95,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 72,3 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.229. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri ( $n=3$ ).

#### 4.5.5.6. *S. polyrhiza*'da Cd Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

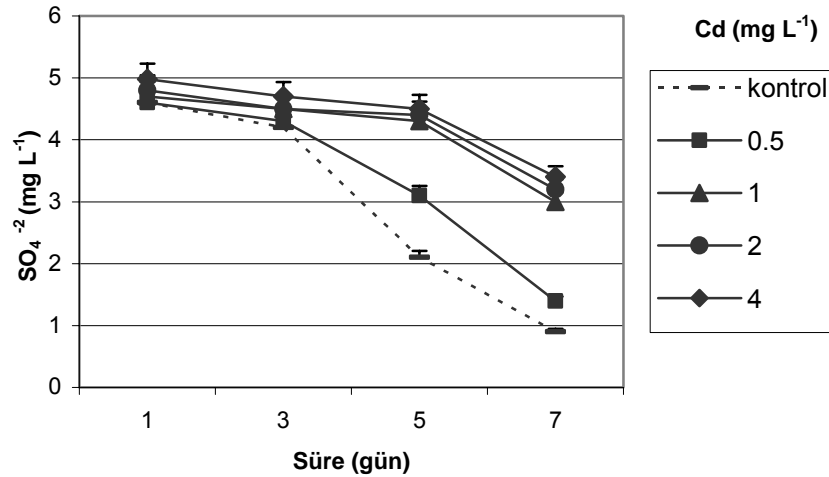
Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.230'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.66'da gösterilmiştir. Cd konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 91,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu gözlenmektedir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 79,3 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.230 ve Tablo 4.66).



Şekil 4.230. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.5.7. *S. polyrhiza*'da Cd Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.231'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.66'da gösterilmiştir. Şekil 4.231 ve Tablo 4.66 incelendiğinde Cd konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 92,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 99,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,7 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.231. Cd uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.66. Cd uygulanmış *S. polyrhiza* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cd akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	17868	< 0,01	% 99,9
Besin	1	194	< 0,01	% 92,4
Cd x Besin	3	41	<0,01	% 88,6
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	2456	< 0,01	% 98,7
Besin	1	8326	< 0,01	% 93,1
Cd x Besin	3	53	< 0,01	% 71,2
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	9341	< 0,01	% 96,2
Cd konsantrasyonu	3	6732	< 0,01	% 94,1
Besin	1	43	<0,01	% 67,1
Cd x süre	9	314	< 0,01	% 85,2
Cd x besin	3	246	< 0,01	% 82,3
Süre x besin	3	13	<0,05	% 46,1
Cd x süre x besin	9	26	<0,01	% 75,1
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2145	< 0,01	% 97,2
Cd konsantrasyonu	3	4125	< 0,01	% 98,2
Besin	1	945	< 0,01	% 81,3
Süre x Cd	9	125	< 0,01	% 71,2
Süre x besin	3	11	< 0,05	% 34,2
Cd x besin	3	87	< 0,01	% 78,1
Süre x Cd x Besin	9	31	< 0,01	% 70,3
Hata	64		<b>Sig.</b>	
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1032	< 0,01	% 95,2
Cd konsantrasyonu	3	3124	< 0,01	% 99,3
Besin	1	14	< 0,05	% 41,0
Cd x süre	9	76	< 0,01	% 78,9
Cd x besin	3	63	< 0,01	% 66,4
Süre x besin	3	8	< 0,05	% 32,1
Cd x süre x besin	9	23	< 0,01	% 71,3
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	436	< 0,01	% 96,2
Süre	3	1245	< 0,01	% 95,1
Cd x Süre	9	35	< 0,01	% 72,3
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	536	< 0,01	% 91,1
Süre	3	4572	< 0,01	% 99,5
Cd x Süre	9	45	< 0,01	% 79,3
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cd konsantrasyonu	3	736	< 0,01	% 92,7
Süre	3	6245	< 0,01	% 99,3
Cd x süre	9	115	< 0,01	% 89,7
Hata	36			

#### 4.5.6. *S. polyrhiza*'da Zn Akümüasyonu

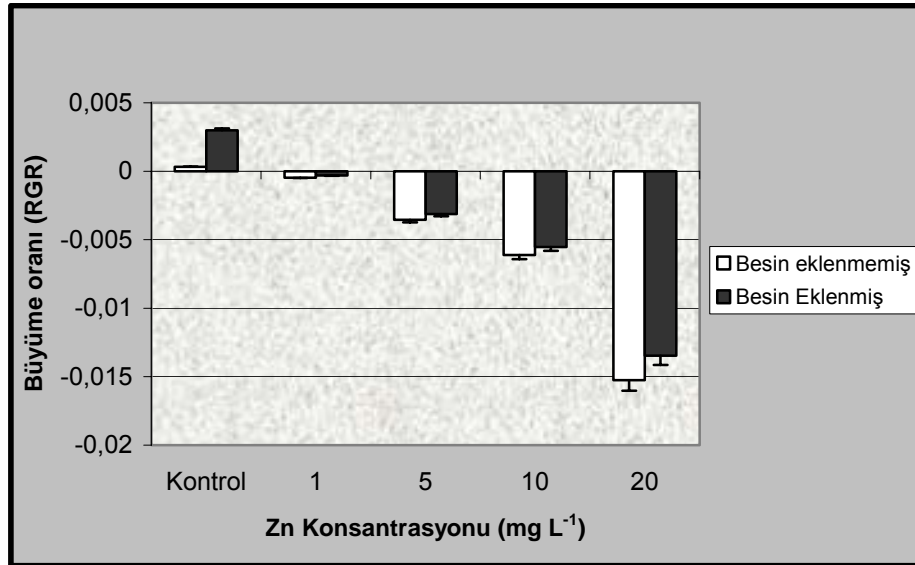
*S. polyrhiza*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde farklı konsantrasyonlarda Zn uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Zn miktarları ve standart hata değerleri Tablo 4.67'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.68'de gösterilmiştir. Tablo 4.67 ve Tablo 4.68 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun Zn alınımı üzerinde % 99,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de Zn alınımı üzerine % 95,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Zn alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 94,5 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4.67. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *S. polyrhiza* örneklerindeki Zn miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık, n=3).

<b>Zn Konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>		<b>Besin Eklenmiş</b>			
	<b>Ort/Std hata (μg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata (μg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>	0,04±0,01	0,02	0,11	0,03±0,00	0,01	0,07
<b>1</b>	296±7,0	287	310	253±5,3	243	261
<b>5</b>	883±19	845	912	663±26	613	704
<b>10</b>	1398±13	1376	1423	1177±16	1145	1202
<b>20</b>	2865±29	2813	2916	2087±43	2013	2165

#### 4.5.6.1. *S. polyrhiza*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları büyüme oranları Şekil 4.232'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.68'de gösterilmiştir. Zn konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 98,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 86,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.232 ve Tablo 4.68).



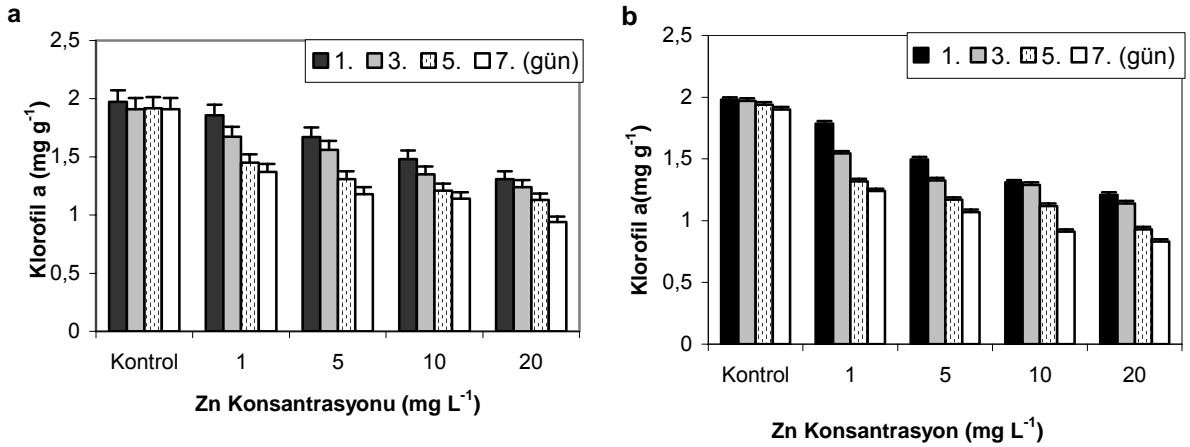
Şekil 4.232. *S. polyrhiza*'da yedi günlük Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerde göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.6.2. *S. polyrhiza*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil a miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.233'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.68'de gösterilmiştir. Sürenin klorofil a üzerinde % 97,5 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 90,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarının daha yüksek olduğu



gözlenmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 99,1 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 87,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 83,1 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 65,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 81,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.233 ve Tablo 4.68).

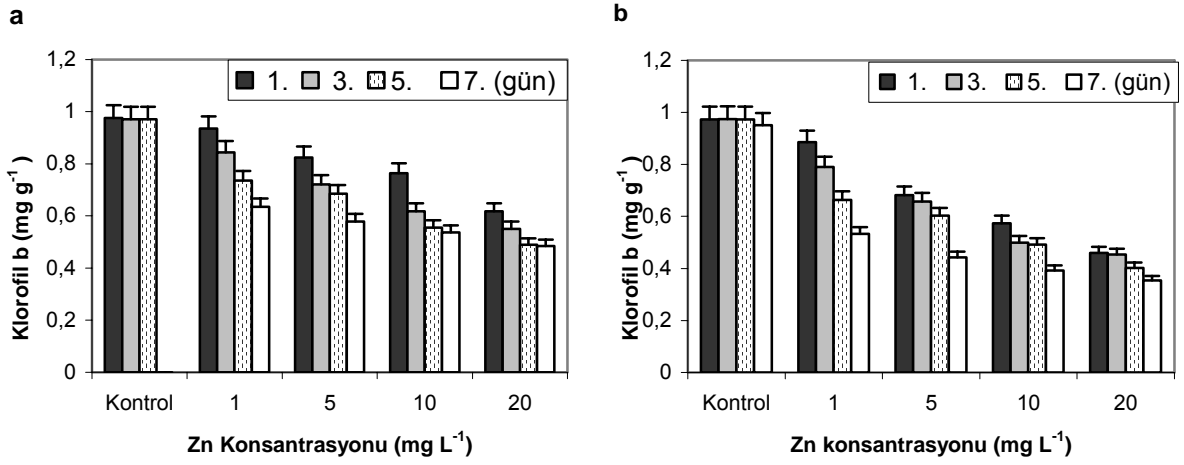


Şekil 4.233. *S. polyrhiza*'da Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.6.3. *S. polyrhiza*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.234'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.68'de gösterilmiştir. Şekil 4.234 ve Tablo 4.68 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 95,4 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 91,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Zn konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,1 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve

sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 83,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 64,5 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 47,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 76,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

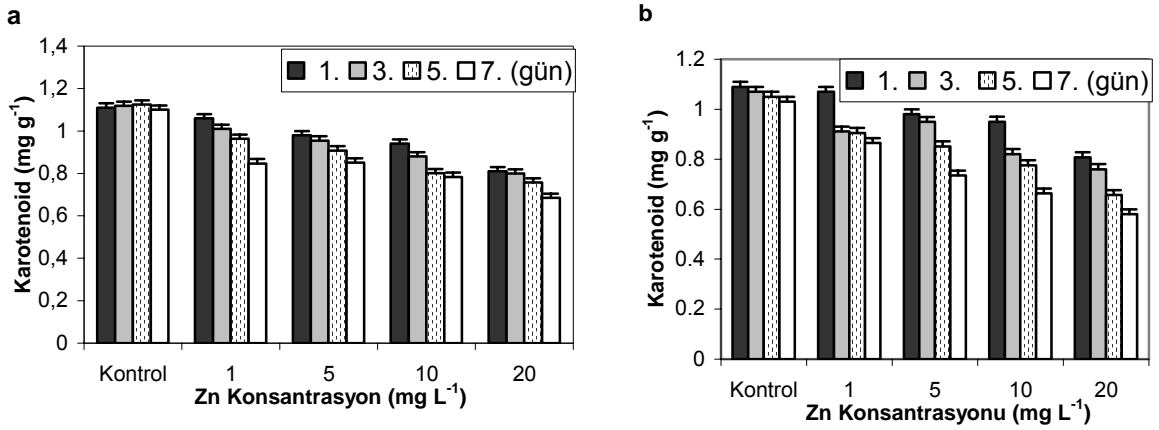


Şekil 4.234. *L. gibba*'da Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.6.5. *S. polyrhiza*'da Zn Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.235'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.68'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 96,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Zn konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 98,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Zn konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 87,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 76,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine

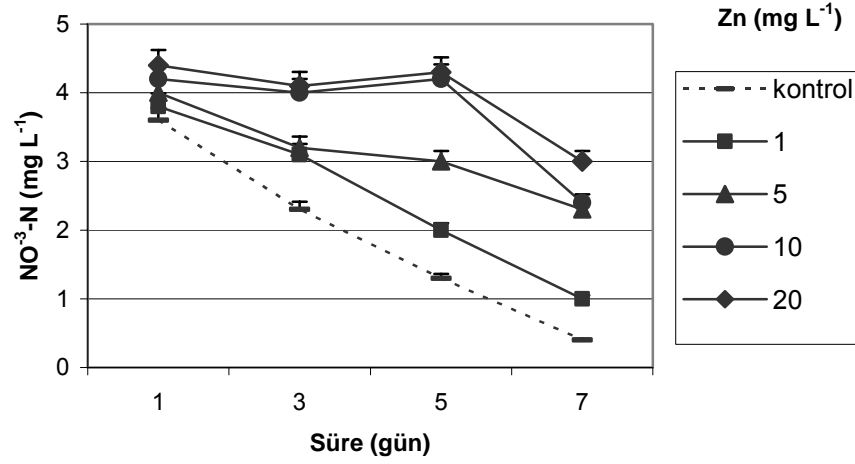
bakıldığında % 63,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 53,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 71,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.235 ve Tablo 4.68).



Şekil 4.235. *S. polyrhiza*'ya Zn (1-20 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.6.5 *S. polyrhiza*'da Zn Uygulanmış Örneklerin NO<sup>-3</sup>-N Değişimleri

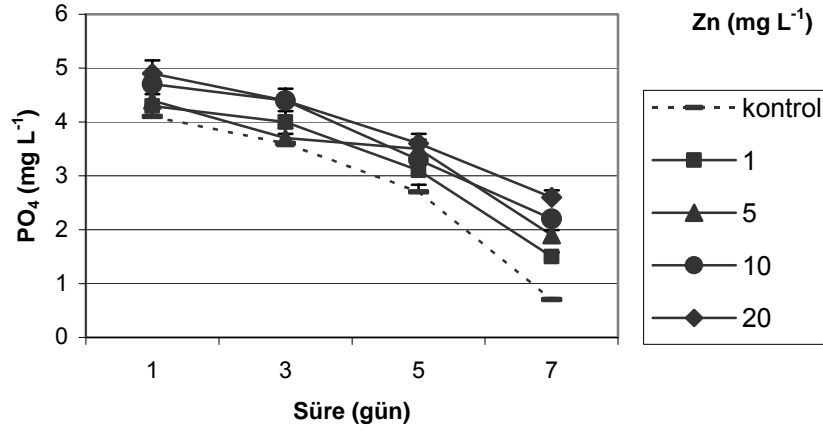
Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki NO<sup>-3</sup>-N değişimleri Şekil 4.236'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.68'de gösterilmiştir. Şekil 4.236 ve Tablo 4.68 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerinde % 99,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarı üzerine % 98,6 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>-3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,2 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.236 Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.6.6 *S. polyrhiza*'da Zn Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.237'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.68'de gösterilmiştir. Şekil 4.237 ve Tablo 4.68 incelendiğinde Zn konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 99,4 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,1 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 88,6 oranında ( $p < 0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

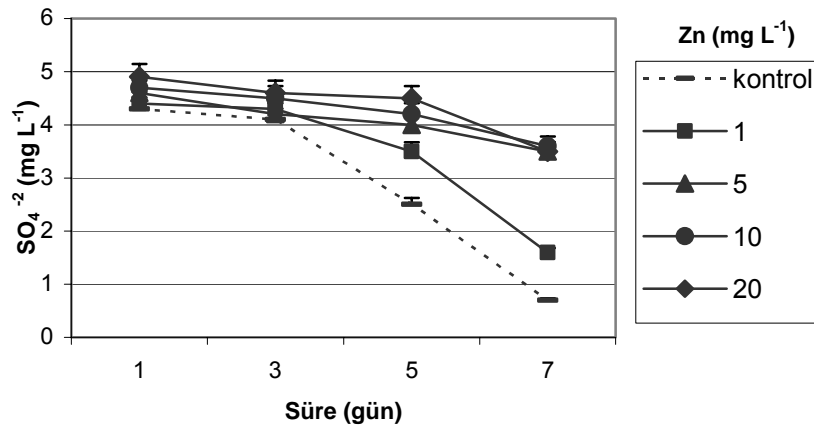


Şekil 4.237. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.6.8 *S. polyrhiza*'da Zn Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.238'de iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.68'de gösterilmiştir.

Zn konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 96,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 97,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 84,1 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu görülmektedir (Şekil 4.238 ve Tablo 4.68).



Şekil 4.238. Zn uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerin sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.68. Zn uygulanmış *S. polyrhiza* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Zn akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	3194	< 0,01	% 99,8
Besin	1	357	< 0,01	% 95,7
Zn x Besin	3	91	<0,01	% 94,5
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	10456	< 0,01	% 99,3
Besin	1	876	< 0,01	% 98,7
Zn x Besin	3	114	< 0,01	% 86,3
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	3245	< 0,01	% 97,5
Zn konsantrasyonu	3	10436	< 0,01	% 99,1
Besin	1	1535	<0,01	% 90,2
Zn x süre	9	435	<0,01	% 87,2
Zn x besin	3	130	<0,01	% 83,1
Süre x besin	3	43	<0,01	% 65,6
Zn x süre x besin	9	78	<0,01	% 81,2
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2145	< 0,01	% 95,4
Zn konsantrasyonu	3	7535	< 0,01	% 99,1
Besin	1	1453	< 0,01	% 91,3
Süre x Zn	9	232	< 0,01	%83,2
Süre x besin	3	14	< 0,05	%47,1
Zn x besin	3	35	< 0,01	%64,5
Süre x Zn x Besin	9	23	< 0,01	%76,4
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	896	< 0,01	% 96,2
Zn konsantrasyonu	3	1065	< 0,01	%98,9
Besin	1	236	< 0,01	% 87,2
Zn x süre	9	52	< 0,01	%76,2
Zn x besin	3	32	< 0,01	%63,2
Süre x besin	3	19	< 0,05	%53,1
Zn x süre x besin	9	41	< 0,01	%71,2
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	1054	< 0,01	%99,2
Süre	3	845	< 0,01	%98,6
Zn x Süre	9	124	< 0,01	%90,2
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	1342	< 0,01	%99,4
Süre	3	954	< 0,01	%99,1
Zn x Süre	9	47	< 0,01	%88,6
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Zn konsantrasyonu	3	683	< 0,01	%96,4
Süre	3	1537	< 0,01	%97,3
Zn x süre	9	124	< 0,01	%84,1
Hata	36			

#### 4.5.7. *S. polyrhiza*'da Cu Akümülyasyonu

*S. polyrhiza*'da yedi günlük periyot süresince besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklere farklı konsantrasyonlarda Cu uygulanmıştır. Süre sonunda örneklerdeki Cu miktarları Tablo 4.69'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.70'de gösterilmiştir. Tablo 4.69 ve Tablo 4.70 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun Cu alınımı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de Cu alınımı üzerine % 83,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cu alınımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 61,8 oranında ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.

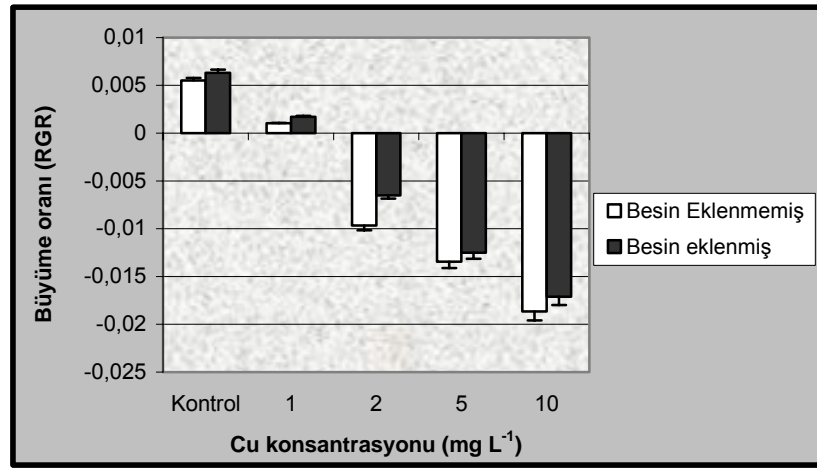
Tablo 4.69. Besin eklenmiş ve eklenmemiş *S. polyrhiza* örneklerindeki Cu miktarları ve standart hata değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık,  $n=3$ ).

<b>Cu</b>	<b>Besin Eklenmemiş</b>			<b>Besin Eklenmiş</b>			
	<b>Konsantrasyonu</b> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	<b>Ort/Std hata</b> ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ort/Std hata</b> ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
<b>Kontrol</b>		0,04±0,01	0,01	0,11	0,03±0,01	0,01	0,09
<b>1</b>		124±12	103	146	86±4,0	78	91
<b>2</b>		354±4,0	345	361	295±4,0	287	301
<b>5</b>		1081±19	1043	1102	898±12	879	923
<b>10</b>		2441±36	2372	2498	2297±8,0	2281	2312

#### 4.5.7.1. *S. polyrhiza*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Büyüme Oranı

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları Şekil 4.239'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.70'de

gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,6 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 94,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 81,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.239 ve Tablo 4.70).



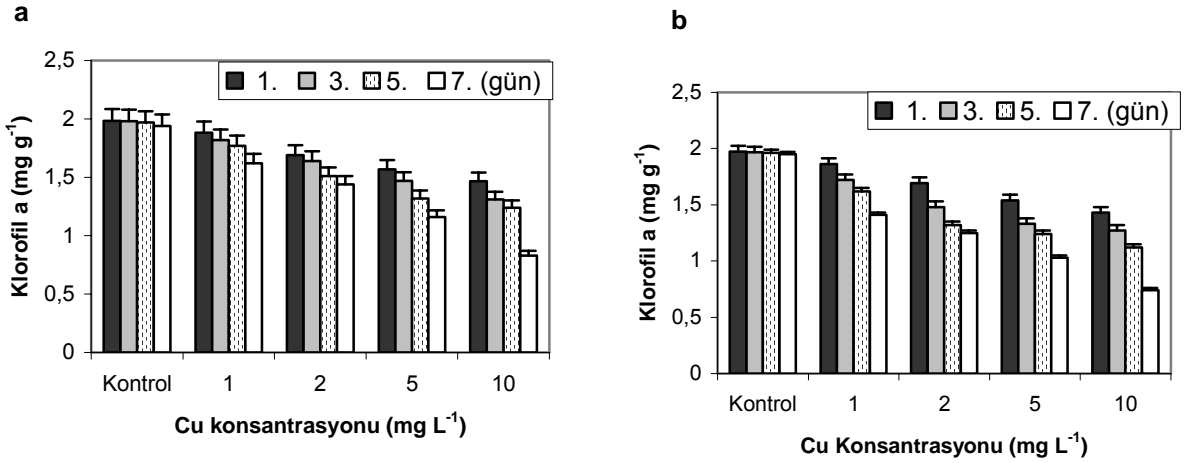
Şekil 4.239. *S. polyrhiza*'ya yedi günlük Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulaması sonunda besin eklenmiş ve eklenmemiş göreceli büyüme oranı ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.7.2. *S. polyrhiza*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil a Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerde bitkilerdeki klorofil a miktarları Şekil 4.240'da, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.70'de gösterilmiştir. Şekil 4.240 ve Tablo 4.70 incelendiğinde sürenin klorofil a üzerinde % 92,1 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil a üzerinde % 86,2 ( $p<0,01$ ) oranında olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil a miktarındaki değişikliğin önemli olmadığı görülmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil a üzerinde % 98,5 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 83,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 71,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 61,4 oranında ( $p<0,01$ )



önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 78,6 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir.

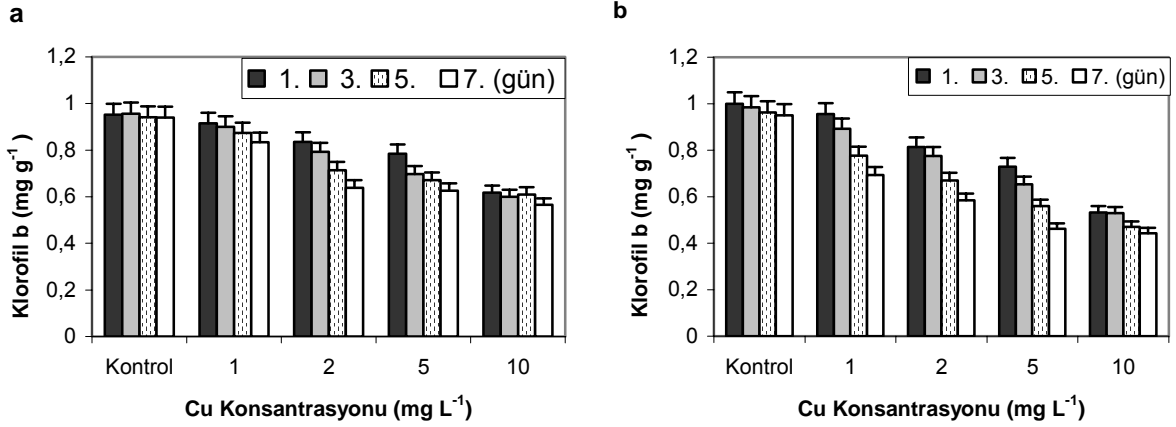


Şekil 4.240. *S. polyrhiza*'ya Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil a miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.7.3. *S. polyrhiza*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Klorofil b Miktarları

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerde bitkilerdeki klorofil b miktarları Şekil 4.241'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.70'de gösterilmiştir. Şekil 4.241 ve Tablo 4.70 incelendiğinde sürenin klorofil b üzerinde % 96,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil b miktarının azaldığı belirlenmiştir. Besin eklenmesinin de klorofil b üzerinde % 87,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin klorofil b miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Cu konsantrasyonunun da klorofil b üzerinde % 99,8 oranında etkili olduğu süre arttıkça klorofil a miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 90,4 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 76,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 71,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli

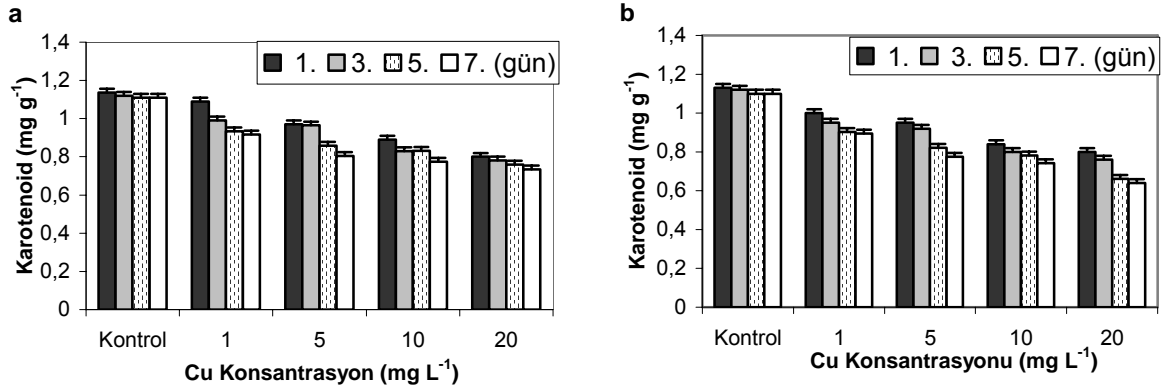
olduğu görülmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 70,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.241. *S. polyrhiza*'ya Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında besin eklenmiş (a) ve eklenmemiş (b) örneklerdeki klorofil b miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.7.4. *S. polyrhiza*'da Cu Uygulanmış Örneklerin Karotenoid Miktarları

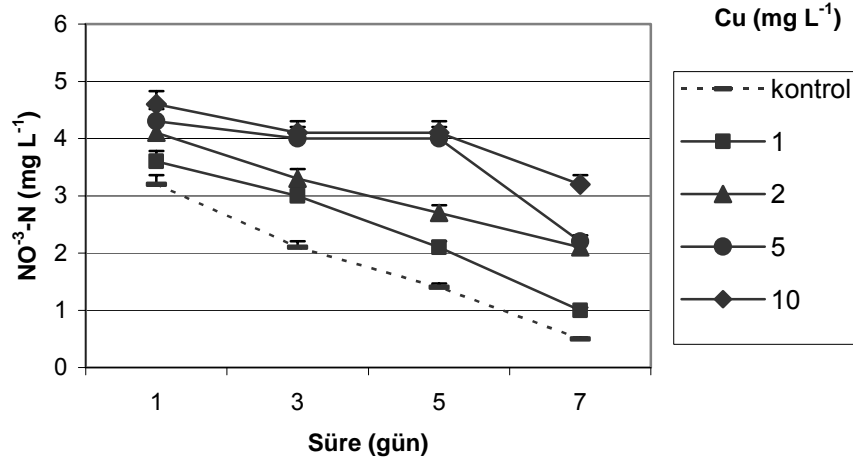
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş ve besin eklenmemiş örneklerde 1, 3, 5 ve 7. günlerde bitkilerdeki karotenoid miktarları Şekil 4.242'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.70'de gösterilmiştir. Sürenin karotenoid üzerinde % 95,2 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu süre arttıkça karotenoid miktarının azaldığı belirlenmiştir. Cu konsantrasyonunun karotenoid üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu Cu konsantrasyonu arttıkça karotenoid miktarının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de karotenoid üzerinde % 76,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin uygulanmış örneklerin karotenoid miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 89,7 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında % 71,3 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu belirlenmiştir. Besin eklenmesinin ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 39,1 oranında ( $p<0,05$ ) önemli olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyonun, sürenin ve besin eklenmesinin birlikte etkisine bakıldığında ise % 74,2 oranında ( $p<0,01$ ) önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.242 ve Tablo 4.70).



Şekil 4.242. *S. polyrhiza*'ya Cu (1-10 mg L<sup>-1</sup>) uygulandığında (a) besin eklenmiş ve (b) besin eklenmemiş örneklerdeki karotenoid miktarı ve standart hata değerleri (mg g<sup>-1</sup> yaş ağırlık, n=3).

#### 4.5.7.5 *S. polyrhiza*'da Cu Uygulanmış Örneklerin NO<sup>3</sup>-N Değişimleri

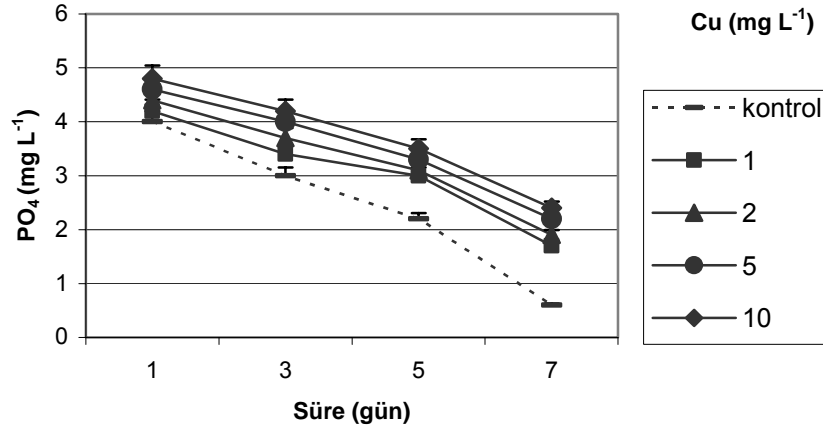
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerde sudaki NO<sup>3</sup>-N değişimleri Şekil 4.243'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.70'de gösterilmiştir. Şekil 4.243 ve Tablo 4.70 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerinde % 99,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarı üzerine % 99,3 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki NO<sup>3</sup>-N miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 92,5 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.243. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerde sudaki  $\text{NO}^3\text{-N}$  değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.7.6 *S. polyrhiza*'da Cu Uygulanmış Örneklerin $\text{PO}_4^-$ Değişimleri

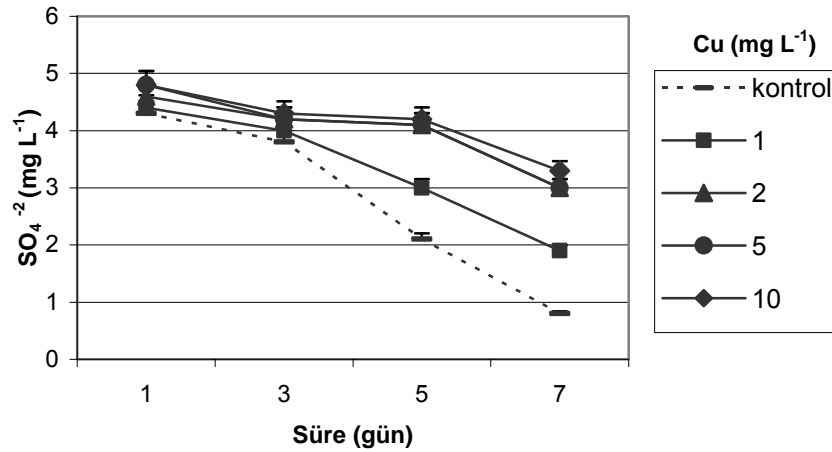
Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerde sudaki  $\text{PO}_4^-$  değişimleri Şekil 4.244'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.70'de gösterilmiştir. Şekil 4.244 ve Tablo 4.70 incelendiğinde Cu konsantrasyonunun sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerinde % 99,3 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarı üzerine % 99,0 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki  $\text{PO}_4^-$  miktarının azaldığı görülmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 81,2 oranında ( $p<0,01$ ) anlamlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.244. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerde sudaki PO<sub>4</sub><sup>-</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

#### 4.5.7.7 *S. polyrhiza*'da Cu Uygulanmış Örneklerin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> Değişimleri

Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri Şekil 4.245'de, iki yönlü varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.70'de gösterilmiştir. Cu konsantrasyonunun sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerinde % 98,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu belirlenmiştir. Sürenin de sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarı üzerine % 97,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve süre arttıkça sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> miktarının azaldığı gözlenmektedir. Konsantrasyon ve sürenin birlikte etkisine bakıldığında % 74,7 oranında (p<0,01) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.245 ve Tablo 4.70).



Şekil 4.245. Cu uygulaması sonunda besin eklenmiş örneklerde sudaki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> değişimleri ve standart hata değerleri (n=3).

Tablo 4.70. Cu uygulanmış *S. polyrhiza* örneklerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

<b>Cu akümülayonu</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	7629	< 0,01	% 99,9
Besin	1	82	< 0,01	% 83,7
Cu x Besin	3	8	<0,05	% 61,8
Hata	16			
<b>RGR</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	12574	< 0,01	% 99,6
Besin	1	2543	< 0,01	% 94,3
Cu x Besin	3	114	< 0,01	% 81,2
Hata	16			
<b>Klorofil a</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	4032	< 0,01	% 92,1
Cu konsantrasyonu	3	15239	< 0,01	% 98,5
Besin	1	576	<0,01	% 86,2
Cu x süre	9	132	<0,01	%83,2
Cu x besin	3	54	<0,01	%71,2
Süre x besin	3	32	<0,01	%61,4
Cu x süre x besin	9	31	<0,01	%78,6
Hata	64			
<b>Klorofil b</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	2754	< 0,01	% 96,8
Cu konsantrasyonu	3	16238	< 0,01	% 99,8
Besin	1	1521	< 0,01	% 87,3
Süre x Cu	9	896	< 0,01	%90,4
Süre x besin	3	154	< 0,01	%71,3
Cu x besin	3	231	< 0,01	%76,7
Süre x Cu x Besin	9	43	< 0,01	%70,3
Hata	64			
<b>Karotenoid</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Süre	3	1023	< 0,01	% 95,2
Cu konsantrasyonu	3	9435	< 0,01	%99,3
Besin	1	121	< 0,01	% 76,8
Cu x süre	9	349	< 0,01	%89,7
Cu x besin	3	85	< 0,01	%71,3
Süre x besin	3	24	< 0,05	%39,1
Cu x süre x besin	9	29	< 0,01	%74,2
Hata	64			
<b>NO<sup>3</sup>-N</b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	17345	< 0,01	%99,9
Süre	3	2574	< 0,01	%99,3
Cu x Süre	9	165	< 0,01	%92,5
Hata	36			

<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	4374	< 0,01	%99,3
Süre	3	2186	< 0,01	%99,0
Cu x Süre	9	63	< 0,01	%81,2
Hata	36			
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>	<b>Etki Büyüklüğü</b>
Cu konsantrasyonu	3	734	< 0,01	%98,9
Süre	3	265	< 0,01	%97,1
Cu x süre	9	27	< 0,01	%74,7
Hata	36			

## 5. BÖLÜM

### TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye’de yayılış gösteren Lemnaceae üyelerinde bazı ağır metallerin (Pb, Ni, Co, Cr, Cd, Zn ve Cu ) alınımı üzerine nitrat, sülfat ve fosfatın etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiş ve bu sonuçlar diğer araştırmacıların bulgularıyla karşılaştırılarak tartışılmıştır.

Sucul çevrenin ağır metallere devamlı kirletilmesi gelişen dünya için ciddi bir sorun haline gelmektedir. Taşıt yapımı, metal işletmeciliği, elektrik fabrikaları, tekstil, maden işletmeciliği, dericilik gibi birçok endüstri kolundan Cd, Cu, Cr, ve Pb gibi ağır metaller ortama yayılmaktadır. Sucul ortamlara özellikle deri ve kağıt sanayi gibi endüstriyel aktiviteler sonucunda Cd, Zn, Cu, Hg, Cr, ve Ni gibi ağır metaller taşınırken, atıksulardan Zn, Cu, Cd, Pb ve Ni tarımdan özellikle de pestisitlerden ise Cu suların kirlenmesine sebep olmaktadır. Bu metallerin bitkiler tarafından akümüle edilmesi ise fiziksel ve biyokimyasal değişikliklere sebep olmaktadır. Ağır metallerin bitkilerde oluşturdukları toksik etkiler birçok araştırmacı tarafından tartışılmıştır [52, 80-82].

*Lemna* türleri yüksek akümülyasyon özellikleri sayesinde ve dokularında Cd, Pb, Cr ve Cu gibi çoğu ağır metali biriktirebildiklerinden dolayı birçok araştırmacının ilgisini çekmekte [83, 84] ve kirlenmiş sularda biyomonitor olarak kullanılabilirler [85, 86]. Çalışmamızda, Türkiye’de yayılış gösteren Lemnaceae türlerinden *L. minor*, *L. gibba*, *L. turionifera*, *L. trisulca* ve *S. polyrhiza* kullanılmıştır. Bu türlere besin maddelerinden nitrat, sülfat ve fosfat eklenerek bu besin maddelerinin ağır metal alınımına (Pb, Ni, Co, Cr, Cd, Zn ve Cu ) etkisi belirlenmiştir.



Besin eklenmiş ve eklenmemiş örneklerdeki büyüme oranları, klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarları da tespit edilmiştir. Ayrıca besin eklenmiş örneklerde sudaki  $\text{NO}^{-3}\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4^-$  ve  $\text{SO}_4^{-2}$  miktarları da günlük olarak belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer olarak, Hadad ve ark. [35] *Salvinia hergozii* bitkisinde  $\text{NO}^{-3}\text{-N}$  ve  $\text{PO}_4^-$ 'ün ağır metal (Ni, Cr ve Zn) toksisitesine etkisini incelemişlerdir. Besin zenginleştirilmesinin Ni ve Zn'nin toksik etkisini azalttığını belirtmişlerdir. Besin eklendiğinde yapraklarda Zn'nin toksik etkisi azalmış ve köklerden yapraklara geçişi durmuştur. Besin alınımıyla klorofil kaybı azalmış ve kök uzamasını engelleyen metal toksisitesi (Cr ve Zn) baskı altına alınmıştır. Hadad ve ark. [35]  $\text{PO}_4^-$  ve Zn'nin köklerde karşılıklı immobilizasyon sağlamasıyla, Zn'ye karşı toleransın arttığını belirlemişlerdir. Chaney [87], köklerde Zn ve  $\text{PO}_4^-$ 'ün karşılıklı immobilizasyonunun olduğunu veya Zn- $\text{PO}_4$  oluşumunun meydana geldiğini belirlemiştir. Loneragan ve Webb'e göre [88],  $\text{PO}_4^-$  Zn'nin köklerden absorpsiyonunu ve gövdeye taşınmasını baskılamakta ve yüksek Zn düzeyinde Zn-fosfat formu oluşmaktadır. Oliveira ve ark. [60], *Eichhornia crassipes* ve *Salvinia auriculata*'nın Cd stresinde  $\text{SO}_4^{-2}$  alınımını ve metabolizmasını araştırmışlardır. *E. crassipes*, Cd toksisitesinde düşük  $\text{SO}_4^{-2}$  alınımı gösterirken, *S. auriculata* Cd uygulamalarından daha çok etkilenmiştir. Çalışmamızda, *L. minor*'de  $1 \text{ mg L}^{-1}$  Zn konsantrasyonunda  $241,3 \mu\text{g g}^{-1}$ , besin eklenmiş örneklerde  $152,4 \mu\text{g g}^{-1}$  Zn akümüasyonu gözlenmiştir. Ayrıca  $20 \text{ mg L}^{-1}$  Zn konsantrasyonunda  $1941 \mu\text{g g}^{-1}$ , besin eklenmiş örneklerde  $1574 \mu\text{g g}^{-1}$  Zn akümüasyonu gözlenmiştir. Zn konsantrasyonunun Zn alınımı üzerinde % 99,8 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Zn alınımı üzerine % 95,1 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Zn alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir, sonuçta besin zenginleştirilmesi durumunda ağır metal akümüasyonunun daha az olduğu bitkinin ağır metale karşı toleransının arttığı gözlenmiştir. Sonuçlarımız önceki çalışmalarla uyum içerisindedir.

Göthberg ve ark. [55], *Ipomea aquatica* bitkisinde besin element düzeylerinin Ag, Cd ve Pb alınımına etkisini incelemişlerdir. Sonuçta Cd akümüasyonu besin zenginleştirilmesiyle değişmezken, Hg ve Pb akümüasyonu besin eklenmesi durumunda azalmıştır. Ayrıca besin eklenmesiyle hücre duvarları, plasma membranları gibi farklı bitki kısımlarında besin maddeleri ve toksik metal katyonları arasında rekabet olduğu belirlenmiştir [55]. Bizim çalışmamızda, *L. turionifera*'da  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  Cd

konsantrasyonunda  $353,1 \mu\text{g g}^{-1}$ , besin eklenmiş örneklerde de  $326,7 \mu\text{g g}^{-1}$  Cd akümülyasyonu gözlenirken,  $4 \text{ mg L}^{-1}$  Cd konsantrasyonunda  $3069 \mu\text{g g}^{-1}$ , besin eklenmiş örneklerde ise  $2078 \mu\text{g g}^{-1}$  Cd akümülyasyonu gözlenmiştir. Cd konsantrasyonunun Cd alınımı üzerinde % 99,9 ( $p<0.01$ ) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Cd alınımı üzerine % 95,5 ( $p<0.01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cd alınımının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Pb uygulamalarında da  $5 \text{ mg L}^{-1}$  Pb konsantrasyonunda  $1550 \mu\text{g g}^{-1}$ , besin eklenmiş örneklerde de  $934 \mu\text{g g}^{-1}$  Pb akümülyasyonu gözlenirken,  $50 \text{ mg L}^{-1}$  Pb konsantrasyonunda  $13051 \mu\text{g g}^{-1}$ , besin eklenmiş örneklerde ise  $10716 \mu\text{g g}^{-1}$  Pb akümülyasyonu gözlenmiştir. Pb konsantrasyonunun Pb alınımı üzerinde % 83,9 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Pb alınımı üzerine % 99,8 ( $p<0.01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Pb alınımının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Sonuçlar Cd için farklılık gösterirken Pb için uyumludur.

Rahman ve ark. [53] *S. polyrrhiza*'da arsenik alınımına  $\text{PO}_4^{3-}$ 'ın etkisini incelemişlerdir. Tüm As konsantrasyonlarında  $\text{PO}_4^{3-}$  konsantrasyonu arttıkça As akümülyasyonunun azaldığını belirtmişler, bunu da  $\text{AsO}_4^{3-}$  ile  $\text{PO}_4^{3-}$ 'ın analog olduklarına ve plasmalemmadan taşınırken rekabete girdiklerine dayandırmışlardır.  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarı  $0,02$ 'den  $500 \mu\text{M}$ 'a doğru arttıkça bitkideki arsenik akümülyasyonu giderek azalmaktadır [53]. Çalışmamızda *S. polyrrhiza*'da  $5 \text{ mg L}^{-1}$  Pb konsantrasyonunda  $1371 \mu\text{g g}^{-1}$ , besin eklenmiş örneklerde de  $1086 \mu\text{g g}^{-1}$  Pb akümülyasyonu gözlenirken,  $50 \text{ mg L}^{-1}$  Pb konsantrasyonunda  $15059 \mu\text{g g}^{-1}$ , besin eklenmiş örneklerde ise  $14589 \mu\text{g g}^{-1}$  Pb akümülyasyonu gözlenmiştir. Pb konsantrasyonunun Pb alınımı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu, konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Pb alınımı üzerine % 87,7 ( $p<0.01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Pb alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Mkandawire ve Dudel [89] *L. gibba*'ya  $0,014-421 \mu\text{M}$   $\text{PO}_4^-$  konsantrasyonu eklendiğinde kuru ağırlıkta  $0,26$  ve  $1,45 \mu\text{mol g}^{-1}$  As akümülyasyonu gözlemlemişlerdir. *L. gibba* ile yaptıkları diğer bir çalışmada ise solüsyondaki  $\text{PO}_4^-$  konsantrasyonu arttıkça ( $0,014-421 \mu\text{M}$ ) arsenik akümülyasyonunda % 28-32 oranında düşüşün olduğu

belirtilmiştir [90]. Çalışmamızda, *L. gibba*'da 5 mg L<sup>-1</sup> Pb konsantrasyonunda 1036 µg g<sup>-1</sup>, besin eklenmiş örneklerde de 764 µg g<sup>-1</sup> Pb akümülyasyonu gözlenirken, 50 mg L<sup>-1</sup> Pb konsantrasyonunda 22579 µg g<sup>-1</sup>, besin eklenmiş örneklerde ise 11250 µg g<sup>-1</sup> Pb akümülyasyonu gözlenmiştir. Pb konsantrasyonunun Pb alınımı üzerinde % 97,9 (p<0,01) oranında etkiliği olduğu, konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Pb alınımı üzerine % 71,4 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Pb alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Appenroth ve ark. [54] *L. minor* ve *S. polyrhiza*'da SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>'ın krom toksisitesine etkisini incelemişler, farklı SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> konsantrasyonlarında krom akümülyasyonunun değiştirdiğini belirtmişlerdir. SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>'ın krom akümülyasyonunu değiştirdiği, bitki hücrelerinde en son krom bileşiklerinin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> taşıyıcıları tarafından alındığı moleküler seviyede *Arabidopsis thaliana* (L) Heynh. bitkisinde incelenmiştir [91-94], ve kromatın membran geçişinde sülfat tarafından inhibe edildiği belirtilmektedir [95]. Kaszycki ve ark [96] *S. polyrhiza*'da 10 µM sülfat düzeyinde bitki hücrelerindeki krom transportunun önemli ölçüde azaldığını belirtmektedirler. Çalışmamızda *L. minor*'de 1 mg L<sup>-1</sup> Cr konsantrasyonunda 61,7 µg g<sup>-1</sup>, besin eklenmiş örneklerde 39.1 µg g<sup>-1</sup> Cr akümülyasyonu gözlenmiştir. 10 mg L<sup>-1</sup> Cr konsantrasyonunda 955,4 µg g<sup>-1</sup>, besin eklenmiş örneklerde 630,4 µg g<sup>-1</sup> Cr akümülyasyonu gözlenmiştir. Cr konsantrasyonunun Cr alınımı üzerinde % 99,7 (p<0,01) oranında etkiliği olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de Cr alınımı üzerine % 90,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cr alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. *S. polyrhiza*'da 1 mg L<sup>-1</sup> Cr konsantrasyonunda 92,0 µg g<sup>-1</sup>, besin eklenmiş örneklerde 63,0 µg g<sup>-1</sup> Cr akümülyasyonu gözlenmiştir. 10 mg L<sup>-1</sup> Cr konsantrasyonunda 788,0 µg g<sup>-1</sup>, besin eklenmiş örneklerde 693,0 µg g<sup>-1</sup> Cr akümülyasyonu gözlenmiştir. Cr konsantrasyonunun Cr alınımı üzerinde % 99,7 (p<0,01) oranında etkiliği olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmiştir. Besin eklenmesinin de Cr alınımı üzerine % 88,7 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve besin eklenmemiş örneklerde Cr alınımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuçlarımız çalışmalarla uyum içerisindedir.

Megateli ve ark. [62] *L. gibba*'da Cd, Cu ve Zn toksisitesi ve akümülyasyonunu incelemişlerdir. Ağır metal akümülyasyon oranları incelendiğinde Zn ve Cu'da ilk 2 gün

% 60 oranında hızlı akümülyasyon olduğu, 8. günün sonuna kadar ise % 10-20 oranında yavaş akümülyasyon olduğu belirtilmiştir. Cd akümülyasyonu ise 6-8 günün sonunda % 90'a ulaşmıştır. *L. gibba*'nın 10 günlük deney sonunda çok iyi performans göstererek ağır metalleri çok yüksek oranda ( Zn % 100, Cd % 90 ve Cd % 77) ortamdaki akümüle ettiği belirtilmiştir [62]. Çalışmamızda *L. gibba*'da da 7 günlük periyot süresince Cd, Cu ve Zn konsantrasyonu arttıkça bitkinin ağır metal akümülyasyonu artmıştır, sonuçlar Megateli ve ark.'ın [62] yaptığı çalışmayla uyum göstermektedir.

Khellaf ve Zerdaoui [61] *L. gibba*'da Zn akümülyasyonunu incelemiştir. 6, 10, 14 ve 18 mg L<sup>-1</sup>'lik Zn konsantrasyonlarında bitkide sırasıyla 4, 15 23 ve 25 mg g<sup>-1</sup> değerlerinde Zn akümülyasyonu gözlenmiştir. Sudaki Zn konsantrasyonu azaldıkça akümülyasyon oranının azaldığı belirlenmiştir. Sharma ve Gaur [97] *L. polyrrhiza*'ya L. 10 mg L<sup>-1</sup> Zn uyguladıklarında 4. günün sonunda 27 µg g<sup>-1</sup> Zn akümülyasyonu olduğunu belirtmişlerdir. Jain ve ark. [98] *L. minor*'ü kirli sulardan Zn akümülyasyonunda kullanmışlardır. 1, 2, 4, ve 8 mg L<sup>-1</sup>'lik Zn konsantrasyonlarında bitkinin sırasıyla 717, 1284, 2227 ve 3698 mg kg<sup>-1</sup> Zn akümüle ettiği belirtilmiştir. Çalışmamızda, *L. minor* türünde 7 günlük periyot süresince 1, 5, 10, 20 mg L<sup>-1</sup> Zn konsantrasyonunda sırasıyla 241, 671, 1175, 1941 µg g<sup>-1</sup> Zn akümülyasyonu belirlenmiştir, Zn konsantrasyonunun Zn alınımı üzerinde % 99,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu konsantrasyon arttıkça alınımın da arttığı gözlenmektedir.

Axtell ve ark. [49] *L. minor* ve *Microspora*'nın kurşun ve nikel akümülyasyonlarını incelemişler ve *Microspora*'da kurşun için letal dozu 50 mg L<sup>-1</sup>, *L. minor*'de ise 15 mg L<sup>-1</sup> ve Ni için *L. minor*'de letal dozu ise 8 mg L<sup>-1</sup> olarak belirtmişlerdir. *L. minor*'de ilk 24 saat içinde % 76 oranında kurşun akümülyasyonu, % 82 oranında Ni akümülyasyonu olduğu ve *Microspora*'da ise % 97 oranında Pb akümülyasyonu olduğu belirlenmiştir [49]. Srivastav ve ark. [99] *Salvinia minima* Baker ve *Spirodela punctata* ile yaptıkları çalışmada ilk iki gün içinde 1-8 mg L<sup>-1</sup>'lik konsantrasyonunda % 70-90 oranında kurşun ve çinko akümülyasyonu olduğunu belirtmişlerdir. Dushenkov ve ark. [100] Sucul bitki köklerinin 45 saat içinde 500 mg L<sup>-1</sup> kurşunun % 50'sini absorbe edebildiklerini belirtmişlerdir. Rahmani ve Sternberg [101] *L. minor*'de kurşun akümülyasyonunu incelemiştir. 21 günlük süre sonunda 5 mg L<sup>-1</sup>'lik kurşun konsantrasyonunda % 85-90 oranında kurşun akümülyasyonunun olduğu belirtilmiştir.

Yaptığımız çalışmada da *L. minor*'de kurşun akümülyasyonu arttıkça bitkide belirlenen kurşun miktarıda giderek artmaktadır.

Tripathi ve Chandra [102] *S. polyrrhiza*'da Cr akümülyasyonunu incelemişlerdir. 14. günün sonunda 20 mg L<sup>-1</sup>'lik Cr konsantrasyonunda 1102 µg g<sup>-1</sup> Cr akümülyasyonu olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda da *S. polyrrhiza*'da 7. günün sonunda 10 mg L<sup>-1</sup>'lik konsantrasyonda 788 µg g<sup>-1</sup> Cr akümülyasyonu belirlenmiştir. Çalışmamız uygulanan konsantrasyon miktarı ve uygulama süresi dikkate alındığında yapılan çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Prasad ve ark. [52] *L. trisulca*'yı kullanarak Cd ve Cu biyoakümülyasyonu ve protein içeriği gibi farklı parametreleri incelemişlerdir. 48 saat süre sonunda 10 mM'lık Cd konsantrasyonunda 50 mg g<sup>-1</sup>'den daha fazla Cd akümülyasyonu gözlemlenirken, aynı şartlarda 5,5 mg g<sup>-1</sup> Cu akümülyasyonu gözlemlenmiştir. Cd için 10 µM'da, Cu için ise 25 ve 50 µM'da klorofil a, b ve karotenoid miktarında azalmalar meydana gelmiştir [54]. Bizim çalışmamızda ise *L. trisulca*'da 7 günlük periyot sonunda 4 mg L<sup>-1</sup>'lik Cd konsantrasyonunda 2983 µg g<sup>-1</sup> Cd akümülyasyonu gözlemlenirken, 10 mg L<sup>-1</sup>'lik Cu konsantrasyonunda 2025 µg g<sup>-1</sup> Cu akümülyasyonu gözlemlenmiştir. Solüsyondaki ağır metal miktarı arttıkça akümülyasyon oranı da giderek artmaktadır ve sonuçlarımız Prasad ve ark.'ın yaptığı çalışmayla [52] uyum içerisindedir.

Appenroth ve ark. [64] *L. minor* ve *S. polyrrhiza*'da Ni'in klorofil miktarına etkisini incelemişler, bitkilerin biomonitor ve bitkisel giderim amacıyla kullanımını araştırmışlardır. 7 günlük periyot sonunda bitkilerden *S. polyrrhiza* 3,7 µM'da, *L. minor* ise 6,6 µM'da Ni toksisitesi göstermiştir ve *S. polyrrhiza*'nın Ni'e karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir. 100 µM'lık Ni konsantrasyonunda her iki bitkinin de 1 kg kuru ağırlığa 3 g Ni akümüle edebildikleri belirlenmiştir. Çalışmamız da ise *L. minor* ve *S. polyrrhiza*'da Ni'in 20 mg L<sup>-1</sup>'lik konsantrasyonunda bitkilerde sırasıyla 2095 ve 1917 µg g<sup>-1</sup> Ni akümülyasyonu olduğu, Ni konsantrasyonu arttıkça her iki bitkide de akümülyasyon miktarının arttığı gözlenmiştir.

Miretzky ve ark. [48] üç farklı su bitkisine ( *Pistia stratiotes*, *Spirodela intermedia*, *Lemna minor*) 15 günlük periyot süresince Fe, Cu, Zn, Mn, Cr ve Pb uygulayarak konsantrasyon faktörünü (CF) incelemişlerdir. *S. intermedia*'nın en yüksek CF'ye sahip

olduğu ve bu bitkilerin sulardan ağır metallere temizlenmesi için uygun oldukları belirtilmiştir [48]. Li ve Xiong [103] *Lemna paucicostata*'yı 0,4-6,4 µM Cd konsantrasyonlarına maruz bırakarak bitkinin Cd toksisitesini incelemişler ve *L. paucicostata*'nın Cd'a karşı toleranslı olduğunu, Cd ve diğer ağır metaller için akümülatör olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Hou ve ark [104] Cd ve Cu'nun *L. minor*'de toksik etkilerini incelemişler, sonuçta Cd, Cu'dan daha toksik bulunmuş ve *L. minor*'ün düşük düzeyde Cd ve Cu kirliliği olan sularda bitkisel giderim için uygun olduğu belirtilmiştir.

Seth ve ark. [42] *S. polyrhiza*'da 7 günlük periyot süresince As ve Cd'nin toksik etkisini ve akümülyasyon oranını incelemişler ve kuru ağırlıkta bitkinin 1855 mg kg<sup>-1</sup> Cd ve 1230 mg kg<sup>-1</sup> As akümüle edebildiğini tespit etmişlerdir. Sonuçta her iki element içinde bitkinin yüksek akümülyasyon oranına sahip olduğunu ve bitkisel giderim için uygun tür olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda kullandığımız türlerin ağır metal akümülyasyonu için uygun oldukları tespit edilmiştir, sonuçlarımız yapılan çalışmalarla [42, 48, 103, 104] uyum içerisinde dir.

Bragato ve ark. [59] *Phragmites australis* ve *Bolboschoenus maritimus*'da besin maddeleri (N, P, K ve Na) ve ağır metallere (Cr, Ni, Cu ve Zn) akümülyasyonunu incelemişlerdir. Her iki bitkide de büyüme sezonunun sonuna doğru akümülyasyon oranının arttığı belirlenmiştir. El-Kheir ve arkadaşları [36] *Lemna gibba*'yı atık sularda yetiştirerek NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cu, Pb, Zn ve Cd miktarını incelemişlerdir. Atık sularda NH<sub>3</sub> % 89, NH<sub>4</sub> % 100, PO<sub>4</sub><sup>-</sup> % 82, Cu % 64,4, Pb % 100, Zn % 93,6, ve Cd % 66,7 oranında azalmıştır. *L. gibba*'daki kuru, yaş ağırlık ve protein miktarı ise sürekli artış göstermiştir. Çalışmamızda, ortam besin maddeleriyle zenginleştirildiğinde ağır metal akümülyasyonunun azalmasıyla, bitkinin ağır metallere toleransının arttığı düşünülmekte ve bitkisel giderim amacıyla kullanımı uygun görülmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen, büyüme oranı sonuçları incelendiğinde, ağır metal konsantrasyonu arttıkça büyüme oranının azaldığı, besin eklenmiş örneklerde ise toksik etkinin hafifleyerek, büyüme oranının arttığı tespit edilmiştir. Hadad ve ark. [35] *S. hergozii* bitkisinde nitrat ve fosfatın ağır metal (Ni, Cr ve Zn) toleransına etkisini değerlendirmişler ve sonuçta ağır metallere büyüme oranını azalttığı, ortam besin maddeleriyle zenginleştirildiğinde ise bu etkinin azaldığını belirtmişlerdir. Monni ve ark

[105] *Empetrum nigrum*'da L. solusyondaki Ni konsantrasyonunun artmasıyla büyüme oranının azaldığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda, *L. gibba*'da Ni konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmiş örneklerde büyüme oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Maine ve ark [106] tarafından Cr toksisitesinde bitkinin büyüme oranında azalışın olduğu belirtilmiştir. Shanker ve ark. [56] yaptıkları çalışmada Cr'un büyüme oranını azalttığını besin eklenmesi durumunda ise bu etkinin hafiflediğini belirtmişlerdir. Hadad ve ark [35] tarafından Cr toksisitesinin sebep olduğu büyüme oranındaki azalışın besin zenginleştirilmesi ile hafiflediği ve bitkinin Cr'a karşı toleransının arttığı belirtilmiştir. Çalışmamızda *L. minor* bitkisinde Cr konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,7 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı gözlenmektedir. Besin eklenmesinin de büyüme oranı üzerinde % 99,8 ( $p<0,01$ ) oranında etkili olduğu ve besin eklenmiş örneklerde büyüme oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Naumann ve ark. [66] *L. minor*'de on ağır metalin büyüme oranına etkisi incelemişlerdir. Ağır metallerin bitkiye toksik etkileri sırasıyla  $Ag^+ > Cd^{2+} > Hg^{2+} > Tl^+ > Cu^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+} > Cr(VI) > As(III) > As(V)$  şeklinde belirlenmiştir. Çalışmamızda, *L. minor*'de Cd uygulamalarında Cd konsantrasyonu  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ 'den  $4 \text{ mg L}^{-1}$ 'e doğru yükseldikçe büyüme oranında sırasıyla (-0,006)-(-0,034) düzeyinde belirgin bir düşüşün olduğu ve Cd konsantrasyonunun büyüme oranı üzerinde % 99,9 ( $p<0,01$ ) etkili olduğu, konsantrasyon arttıkça büyüme oranının azaldığı belirlenmiştir.

Körner ve ark. [40] farklı  $NH_4$  ve  $NH_3$  konsantrasyonundaki evsel atıksuların, pH değişikliğinde *L. gibba* üzerindeki toksisitesini incelemişlerdir. pH 9,8'i geçmedikçe,  $NH_3$  miktarının giderek azaldığı belirlenmiştir. *L. gibba*'nın göreceli büyüme oranı (RGR) belirli bir düzeyden sonra, yani  $NH_3$  konsantrasyonu arttıkça azaldığı, maksimum düzeye ulaştığında ise ( $8 \text{ mg N L}^{-1}$ ) bitkilerin çoğunun öldüğü belirtilmiştir. Çalışmamızda, *L. gibba* ve *S. polyrhiza* türlerinde uygulanan tüm ağır metallerde, ağır metal konsantrasyonu arttıkça büyüme oranının azaldığı,  $5 \text{ mg L}^{-1}$  düzeyinde besin eklenmiş örneklerde ise bu toksik etkinin hafiflediği gözlenmiştir. Sonuçlarımız çalışmalarla [40, 45] uyum içerisindedir.

Megateli ve ark. [62] *L. gibba*'da Cd, Cu ve Zn toksisitesini ve akümülyasyonunu incelemişlerdir. 4. günden sonra  $10^{-3}$ - $10^{-1}$  mg L<sup>-1</sup> lik konsantrasyonlarında Cd büyüme oranını % 25-100 oranında azaltmıştır. Aynı şartlarda  $10^{-4}$ - $10^{-1}$  mg L<sup>-1</sup> lik konsantrasyonlarında Cu, büyüme oranını % 36-75 oranında ve yine aynı şartlarda yüksek konsantrasyonlarda ki (4, 30 ve 50 mg L<sup>-1</sup>) Zn büyüme oranını % 50-79 oranında, klorofil miktarını ise % 3,8-22 oranında azaltmıştır. Kısacası ağır metal konsantrasyonu arttıkça büyüme oranında azalış olduğu belirlenmiştir [62].

Drost ve ark. [38] *L. minor*'e laboratuvar ortamında farklı konsantrasyonlarda Zn, Cu, Ni ve Cd ekleyerek 3, 5 ve 7. günlerdeki biyokonsantrasyon faktörü (BCF) ve göreceli büyüme oranını (RGR) model olarak incelemişlerdir. Denemenin 7. gününün sonunda Ni ve Zn düşük toksisite, Cd ve Cu ise yüksek toksisite ortaya çıkmıştır. Biyokonsantrasyon miktarı ise en çok Cd'da gözlenmiştir. Dirilgen ve Doğan [50] *L. minor*'e Cr, Zn ve Cu'nun farklı kombinasyonlarını uygulayarak RGR'yi modellemeyle incelemişlerdir. Sonuçta ise ağır metallerin toksisitesinin, sinerjik etki göstererek büyüme oranını azalttığı belirlenmiştir. Çalışmamızda *L. minor* türünde Ni, Cd, Zn ve Cu'nun büyüme oranına etkilerini incelediğimizde, Ni için 1 mg L<sup>-1</sup>den sonra, Cd için 0,5 mg L<sup>-1</sup>den sonra Zn için 5 mg L<sup>-1</sup>den sonra ve Cu için 2 mg L<sup>-1</sup>den sonra büyüme oranının negatif değere düştüğü gözlenmektedir. Sonuçlarımızda Ni ve Cd daha toksik etki göstermiştir. Cu ve Zn ise 1 mg L<sup>-1</sup> lik konsantrasyonda toksik etki göstermemiştir. Bu durumun Cu Zn'nin bitkiler için esansiyel olmalarından kaynaklandığı, düşünülmektedir.

Jampeatong ve Brix [107] *Salvinia natans*'da 0,25-15 mM NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N konsantrasyonunun bitkinin büyüme oranına etkisini incelemişlerdir. 10 ve 15 mM NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N konsantrasyonunda bitkinin büyüme oranının baskılandığı, küçük yaprakların ve kısa köklerin oluştuğunu belirlemişlerdir. Ayrıca da bitkinin NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N kirliliği olan sulak alanlarda kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N toksisitesinde büyümede baskı, yapraklarda klorozis, kök/gövde oranında artış, dokulardaki K, Ca ve Mg gibi kation konsantrasyonlarında azalma, SO<sub>4</sub> ve PO<sub>4</sub> gibi anyon konsantrasyonlarında artış gözlemlendiği belirtilmiştir [108]. Çalışmamızda besin maddeleri olarak NO<sup>-3</sup>-N, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> ve PO<sub>4</sub><sup>-</sup> 5 mg L<sup>-1</sup> olmak üzere tek konsantrasyonda kullanılmış, ağır metal toksisitesine karşı bitkide büyüme oranını ve gelişimini artırarak, ağır metal akümülyasyonunu



azalttıkları gözlemlenmiştir. Buna göre besin kirliliğinin az olduğu alanlarda incelediğimiz türlerin bitkisel giderim amacıyla kullanımları uygun görülmektedir.

Fotosentetik pigment içerikleri (klorofil a, b ve karotenoid) incelendiğinde ağır metal konsantrasyonu arttıkça pigment miktarlarında azalışın olduğu, besin maddesi eklenmesi durumunda ise toksik etkinin baskılandığı belirlenmiştir. Chaney [87], Zn miktarıyla klorofil konsantrasyonu arasında zıt bir korelasyon olduğunu besin zenginleştirilmesi ile toksik etkinin hafiflediğini bildirmişlerdir. Hadad ve ark. [35] *S. hergozii* bitkisinde Zn uygulanmalarında besin zenginleştirilmesi ile klorofil konsantrasyonundaki azalışın baskılandığını belirlemişlerdir. Radic ve ark. [70] *L. minor*'e 2 haftalık Zn muamelesinde klorofil a, b ve karotenoid miktarında %30 azalışın olduğunu belirtmişlerdir. Mishra ve Tripathi [109] su sümbülünde (*Eichornia crassipes*) yaptıkları çalışmada 10-20 mg L<sup>-1</sup>'lik Zn konsantrasyonunda bitkide toksik etkiye bağlı olarak semptomların gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda, Zn uygulanmış *L. minor* örneklerinde, besin eklenmesinin klorofil a üzerinde % 89,6 (p<0,01) oranında, klorofil b üzerinde % 98,7 (p<0,01) oranında ve karotenoid üzerinde % 77,1 (p<0,01) oranında etkili olduğu, ve besin eklenmiş örneklerde fotosentetik pigment miktarlarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Sonuçlara göre Zn konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı, besin maddeleriyle ortam zenginleştirildiğinde ise toksik etkinin hafiflediği gözlenmiştir. Elde ettiğimiz bulgular yapılan çalışmalarla [35, 70, 87, 109] uyum içerisinde.

Maine ve ark. [106], sudaki Cr konsantrasyonu arttıkça, *Pistia stratiotes* bitkisinde klorofil konsantrasyonunun azaldığını belirtmişlerdir. *S. hergozii* bitkisinde ise Cr konsantrasyonu 6 mg L<sup>-1</sup>'i aşmadıkça belirgin bir değişikliğin olmadığı belirtilmiştir. Çalışmamızda *L. minor* bitkisinde Cr konsantrasyonunun klorofil a üzerinde % 99,1 (p<0,01) oranında, klorofil b üzerinde % 99,0 (p<0,01) oranında ve karotenoid üzerinde % 98,9 (p<0,01) oranında etkili olduğu ve Cr konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmektedir.

Razinger ve ark. [57] *L. minor*'ü kısa süreli Cu'a maruz bırakarak fotosentetik aktiviteyi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda 24 saatlik CuSO<sub>4</sub> ortamında fotosentetik pigment düzeyinde kontrole göre % 15 oranında düşüşün olduğunu gözlemlemişlerdir. Teisseire ve ark. [110] *L. minor*'ü 7 gün süresince CuSO<sub>4</sub>'a maruz bırakmışlar ve 1µM'lık Cu

konsantrasyonunda fotosentetik pigment miktarında % 10-20 oranında azalışın olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmamızda *L. minor*'e, 7 günlük periyot süresince uygulanan Cu'nun klorofil a üzerinde % 98,2, klorofil b üzerinde % 97,9, karotenoid üzerinde % 98,4 ( $p < 0,01$ ) oranında etkili olduğu, Cu konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Appenroth ve ark. [64] *S. polyrhiza* ve *L. minor* ile yaptıkları çalışmada Ni'in tilakoid sistemi oldukça etkilediğini, fotosentetik pigmentlerden kl a ve b miktarında azalış gözlenirken, karotenoid miktarında fazla değişikliğin olmadığını belirtmişlerdir [64]. Ni'in toksik etkisinin reaktif oksijen türlerini değiştirdiği belirlenmiştir [111]. Çalışmamızda, 7 günlük periyot süresince her iki bitki içinde Ni konsantrasyonu arttıkça klorofil a, b, ve karotenoid miktarında azalmalar meydana gelmiştir.

Bakır, temel mikrobesein elementi olarak normal bitki metabolizmasında ve özellikle de metalloenzimlerde fotosentezle ilgili plastosiyaninlerde ve membran yapısında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca toksik bir ağır metal olarak bilinmektedir [112]. Bitki dokularındaki aşırı Cu akümüasyonu nitrojen metabolizmasının değişmesi, toplam nitrojen miktarında azalma, serbest aminoasitlerin artışı [113, 114] fotosentetik aktivitede [115, 116] ve büyüme oranında azalma [117, 118] gibi fiziksel ve biyokimyasal olaylara sebep olmaktadır. Sudhakar Babu ve ark. [118],  $0,25 \text{ mg L}^{-1}$  üzerinde ki Cu konsantrasyonunda klorofil miktarının azaldığını yapraklarda nekrozis gözlemlendiğini ve hücre ölümlerinin olduğunu belirtmişlerdir. Sucul bitkilerde Cu toksisitesinde klorozis yaygın görülen bir semptomdur [119, 120]. Boule ve ark. [58] *L. minor* ve *S. polyrhiza*'nın Cu'a karşı tolerans mekanizmalarını incelemişlerdir. Cu konsantrasyonu  $25 \mu\text{M}$ 'dan  $100 \mu\text{M}$ 'a doğru arttıkça bitkideki klorofil a ve karotenoid miktarlarında azalışın olduğunu gözlemlemişlerdir. Yapılan çalışmalarda *C. demersum*'da  $50 \mu\text{M}$ 'lık Cu konsantrasyonun hücre zarında bozulmalara sebep olduğu ve klorofil kayıplarının meydana geldiği belirlenmiştir [121-124]. Çalışmamızda *L. minor* ve *S. polyrhiza*'da 7 günlük periyot süresince uygulanan Cu konsantrasyonu arttıkça klorofil a, b, ve karotenoid miktarında azalmalar meydana gelmiştir.

Megateli ve ark. [62] *L. gibba*'da Cd, Cu ve Zn toksisitesi ve akümüasyonunu incelemişlerdir. Uygulamanın 4. gününden sonra  $10^{-3}$ - $10^{-1} \text{ mg L}^{-1}$  konsantrasyonlarında

ki Cd, klorofil miktarını % 35-89 oranında azaltmıştır. Aynı şartlarda  $10^{-4}$ - $10^{-1}$  mg L<sup>-1</sup> konsantrasyonlarındaki Cu ise klorofil miktarını % 19-81 oranında ve yine aynı şartlarda yüksek Zn konsantrasyonlarda (4, 30 ve 50 mg L<sup>-1</sup>) klorofil miktarını % 3,8-22 oranında azaltmıştır. Sonuç olarak, ağır metal konsantrasyonu arttıkça klorofil miktarında azalış gözlenmiştir [62]. Bizim çalışmamızda da *L. gibba*'da Cu konsantrasyonunun klorofil a üzerinde % 99,9 (p<0,01) oranında, klorofil b üzerinde % 99,5 (p<0,01) oranında ve karotenoid üzerinde % 98,8 (p<0,01) oranında etkili olduğu Cu konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmiştir.

Cd bitkilerde toksik semptomlara yol açmakta [125] ve su ve mineral alımı [126], membran hareketi [127], enzim aktivitesi [128], hücre bölünmesi [129] ve fotosentetik aktivite [104, 130] gibi birçok metabolik sürecin bozulmasına neden olmaktadır. Cd iyonlarının Calvin siklusunun çeşitli basamaklarını inhibe ederek fotosentetik CO<sub>2</sub> fiksasyonunu engellediği bilinmektedir [131]. Ayrıca Cd'un kloroplast zarlarını tahrip ettiği ve tilakoid aracılığıyla serbest radikal üretimini artırdığı tespit edilmiştir [132]. Uysal ve Taner [133] *L. minor*'de 24 saat boyunca Cd ile muamele sonucunda, görsel olarak nekrozis ve klorozisler gözlemlenmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da *L. minor*'de, kadmiyum konsantrasyonu 0,5'den 4 mg L<sup>-1</sup>'e doğru yükseldikçe nekrozis ve klorozis oranının arttığı gözlenmiştir. Ayrıca Cd uygulamalarında Cd konsantrasyonu 0,5-4 mg L<sup>-1</sup>'e doğru yükseldikçe klorofil a (1,08-0,34 mg g<sup>-1</sup>) miktarında da bir düşüş gözlenmiştir. Cd konsantrasyonunun klorofil a üzerinde % 68,6 (p<0,01) oranında, klorofil b üzerinde % 98,7 (p<0,01) oranında ve karotenoid üzerinde % 99,0 (p<0,01) oranında etkili olduğu Cd konsantrasyonu arttıkça pigment miktarının azaldığı gözlenmiştir.

Besin eklenmiş örneklerde sudaki nitrat, fosfat ve sülfat miktarları günlük olarak belirlenmiştir. Zamana bağlı olarak sudaki besin maddelerinin azaldığı, ağır metal konsantrasyonu arttıkça bu azalışın baskılandığı tespit edilmiştir. Çalışmamıza benzer olarak, Hadad ve ark. [35] *S. hergozii* bitkisinde NO<sub>3</sub> ve PO<sub>4</sub>'ün ağır metal (Ni, Cr ve Zn) toleransına etkisini inceledikleri tek çalışma bulunmaktadır. Çalışmada sudaki NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N ve PO<sub>4</sub><sup>-</sup> miktarı günlük olarak ölçülmüş ve her iki besin maddesinde de bitkinin kullanımından kaynaklandığı düşünülen azalmalar meydana gelmiştir. Uygulama periyodunun sonuna doğru ağır metal konsantrasyonu arttıkça bu düşüşün baskılandığı

belirtilmiş, bu da ağır metal toksisitesine bağlanmıştır. Bizim çalışmamızda benzer durum göstermiştir.

Çalışmamızda; kullandığımız Lemnaceae familyasına ait türler ağır metal kirliliğinde biyomonitor olarak kullanılmaktadırlar ve metal akümüle etme özellikleri iyi bilinmektedir [36, 38, 41, 42, 48, 49, 52, 53, 61, 62, 65-67, 91, 92, 98-100, 114, 116, 124, 134].

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre;

- Ağır metal çalışmalarında fazla kullanılmamış olan *L. turionifera*'nın da diğer türlerde olduğu gibi yüksek miktarlarda ağır metal akümüle edebildiği
- Ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarının bitkinin büyümesine, fotosentetik pigment miktarlarına ve gelişimi üzerine olumsuz yönde etki ettiği, Ortam besin maddeleriyle zenginleştirildiğinde ise bu etkinin azaldığı,
- Ayrıca besin zenginleştirilmesinin bitkinin ağır metal toleransını artırdığı,
- Ağır metallerle kirlenmiş alanlarda Lemnaceae türlerinden *L. minor*, *L. gibba*, *L. turionifera*, *L. trisulca* ve *S. polyrhiza*'nın bitkisel giderim amaçlı olarak kullanılabileceği,
- Besin zenginleştirilmesi bitkinin ağır metal toleransını artırdığı için, belirli oranlarda besin maddeleriyle kirlenmiş alanlarda, Lemnaceae üyelerinin bu amaçla daha etkili şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar;

1- Leblebici, Z. and Aksoy, A., "Growth and heavy metal accumulation capacity of *Lemna minor* and *Spirodela polyrhiza* (Lemnaceae): Interactions with nutrient enrichment", Water Air and Soil Pollution, DOI: 10.1007/s11270-010-0413-1 [135].

2- Leblebici, Z., Aksoy, A. and Duman, F., "Influence of nutrient addition on growth and accumulation of cadmium and copper in *Lemna gibba*" Chemical Speciation and Bioavailability, (In press) [136].

3-Leblebici, Z., Aksoy, A., Aksoy, S. and Bölükbaşı, E., "Effect of nutrient enrichment on lead uptake by aquatic plant (*Lemna minor* L.)" International Conference on Plants Environmental Pollution 6-11 July 2009 Kayseri-Turkey.

- 4-Aksoy, A. and Leblebici, Z., “Influence of nutrient addition on growth and heavy metal accumulation capacity of *Spirodela polyrhiza* and *Lemna minor* (Lemnaceae)”, International Conference on Plants Environmental Pollution 6-11 July 2009 Kayseri-Turkey.
- 5-Leblebici, Z., Aksoy, A. ve Duman, F., “*Lemna gibba* L.’da (Lemnaceae), fosfat düzeyinin Pb alınımı üzerine etkisi, IX. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Nevşehir, 2009.
- 6-Aksoy, A. ve Leblebici, Z., “*Lemna trisulca*’da L. (Lemnaceae) besin zenginleştirilmesinin ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$  ve  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) Cd ve Cr alınımı üzerine etkisi, IX. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Nevşehir, 2009.
- 7-Leblebici, Z., Aksoy, A., *Lemna turionifera*’da Landolt (Lemnaceae) Besin Zenginleştirilmesinin ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$  ve  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) Pb ve Cd Alınımı Üzerine Etkisi, Ekoloji 2010 Sempozyumu, Aksaray, 2010.

## KAYNAKLAR

1. Yang, J., Ye, Z., Metal accumulation and tolerance in wetland plants, *Frontiers of Biology in China*, 4, 282-288, 2009.
2. Aksoy, A., Öztürk, M., *Phoenix dactylifera* L. as a Biomonitor of heavy metal pollution in Turkey, *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, 14, 605–614, 1996.
3. Aksoy, A., Öztürk, M., *Nerium oleander* L. as a Biomonitor of lead and other heavy metal pollution in mediterranean environments, *The Science of the Total Environment*, 205, 145–150, 1997.
4. Aksoy, A., Hale, W.H.G., Dixon, J.M., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. as a biomonitor of heavy metal pollution, *The Science of the Total Environment*, 226, 177-186, 1999.
5. Buchauer, M.J., Contamination of soil and vegetation near a zinc smelter by zinc, cadmium, copper and lead, *Environmental Science and Technology*, 7, 131-135, 1973.
6. Steffens, J.C., The heavy metal-binding peptides of plants, *Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41, 553-575, 1990.
7. Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., Bitki fizyolojisi, Uludağ Ü. Güçlendirme Vakfı Yayın No:198, Vipaş.Yayın No:74, Livane Matbaası, 563s, 2002.
8. Nable, R.O., Banuelos, G. S., Paul, J. G., Boron toxicity, plant and soil - *Plant Sciences*, 193, 181-98, 1997.
9. Birch, L., Hanselmann, K.W., Bachofen, R., Heavy metal conservation in lake Cadagno sediments: historical records of anthropogenic emissions in a meromictic alpine lake. *Water Research*, 30, 679-687, 1996.
10. Mal, T.K., Adorjan, P., Corbett, A.L., Effect of copper on growth of an aquatic macrophyte, *Elodea canadensis*, *Environmental Pollution*, 120, 307-311, 2002.
11. Cha, M.W., Young, L., Wong, K.M., The fate of traditional extensive shrimp farming at the Mai Po Marshes Nature Reserve, Hong Kong, *Hydrobiologia*, 352, 295-303, 1997.
12. Markert, B., *Plants as Biomonitors indicators for heavy metals in the terrestrial environment*, VCH Publisher, Weinheim, 1993.
13. Stankovic, Z. et al., Concentrations of trace metals in dominant aquatic plants of the lake Provala, *Biologia Plantarum*, 43, 583-585, 2000.

14. Duman, F., Sapanca ve Abant gölü su, sediment ve sucul bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005.
15. Baker, A.J.M., Brooks, R.R., Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements: a review of their distribution, ecology and phytochemistry, *Biorecovery*, 1, 81-126, 1989.
16. Porath, D., Hepher, B., Koton, A., Duckweed as an aquatic crop: evaluation of clones for aquaculture, *Aquatic Botany*, 7, 273-278, 1979.
17. Alaerts, G.J., Rahman Mahbubar, M.D., Kelderman P., Performance analysis of a full-scale duckweed-covered sewage lagoon, *Water Research*, 30, 843-852, 1996.
18. Oron, G., Duckweed culture for wastewater renovation and biomass production, *Agriculture Water Management* 26, 27-40, 1994.
19. Oron, G., De-Vegt, A., Porath, D., Nitrogen removal and conversion by duckweed grown on wastewater, *Water Research*, 22, 179-184, 1988.
20. Prasad, M.N.V., et al., Knowledge explosion in phytotechnologies for environmental solutions, *Environmental Pollution*, 158, 18-23, 2010.
21. World Health Organization, Environmental health criteria 165- Inorganic Lead, Geneva, WHO, 1995.
22. Singhl, R.P., et al., Response of higher plants to lead contaminated environment, *Chemosphere*, 34, 2467-2493, 1997.
23. Prasad, M.N.V., Trace Elements as contaminants and nutrients: Consequences in ecosystems and human health, Wiley Publication, pp 31-32, 2008.
24. European Commission, Commission directive 2003/100/EC of 31 October 2003 amending annex to directive 2002/32/EC of the European parliament and of the council on undesirable substances in animal feed. OJ L285 1. 11. 2003, pp. 33-37.
25. World Health Organization, Environmental health criteria 221- Zinc , Geneva, WHO, 2001a.
26. World Health Organization, Environmental health criteria 58- Chromium, Geneva, WHO, 1988a.
27. Expert Group on Vitamins and Minerals. Safe upper levels for vitamins and minerals. UK: Food Standards Agency Publications, 2003.
28. World Health Organization, Environmental health criteria 108- Nickel, Geneva, WHO, 1991a.

29. Uthus, E.O., Seaborn, C.D., Deliberations and evaluations of the approaches, endpoints and paradigms for dietary recommendations of the other trace elements. *J. Nutr* 126: 2452-2459, 1996.
30. World Health Organization, Environmental health criteria 134- Cadmium, Geneva, WHO, 1992.
31. Baker, A.J.M., Walker, P.L., Physiological responses of plants to heavy metals and the quantification of tolerance and toxicity. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 1, 7-17, 1990.
32. Brun, L.A., et al., Evaluation of copper availability to plants in copper-contaminated vineyard soil. *Environmental Pollution*, 111, 293–302, 2001.
33. Seçmen, Ö., et al., Tohumlu bitkiler sistematigi, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 2008.
34. Uotila, P., *Lemna L.*, In Davis, P.H., (ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Volume:8, University Press, Edinburgh, pp. 64-67, 1984.
35. Hadad, H.R., et al., The effect of nutrient addition on metal tolerance in *Salvinia herzogii*, *Ecological Engineering*, 31, 122-131, 2007.
36. El-Kheir, W. A., et al., Assessment of efficiency of duckweed (*Lemna gibba*) wastewater treatment, *International Journal of Agriculture and Biology*, 9, 681-687, 2007.
37. Mishra, K.V., et al., Heavy metal pollution induced due to coal mining effluent on surrounding aquatic macrophytes, *Bioresource Technology*, 99, 930-936, 2008.
38. Drost, W., Matzke, M. and Backhaus, T., Heavy metal toxicity to *L. minor*: studies on the time dependence of growth inhibition and the recovery after exposure, *Chemosphere*, 67, 36-43, 2007.
39. Upadhyay, A.R., et al., Biofiltration of secondary treated municipal wastewater in a tropical city, *Ecological Engineering*, 30, 9-15, 2007.
40. Körner, S., et al., The effect of pH variation at the ammonium/ammonia equilibrium in wastewater and its toxicity to *Lemna gibba*, *Aquatic Botany*, 71, 71-78, 2001.
41. Hou, W., et al., Effects of copper and cadmium on heavy metal polluted waterbody restoration by duckweed (*L. minor*), *Plant Physiology and Biochemistry*, 45, 62-69, 2007.



42. Seth, S.C., Chaturvedi, P.K., Mishra, V., Toxic effect of arsenate and cadmium alone and in combination on giant duckweed (*Spirodela polyrrhiza* L.) in response to its accumulation, *Environmental Toxicology*, 10, 539-549, 2007.
43. Duman, F., Leblebici, Z., Aksoy, A., Bioaccumulation of nickel, copper, and cadmium by *Spirodela polyrhiza* and *Lemna gibba*, *Journal of Freshwater Ecology*, 24, 177-179, 2009
44. Duman, F., Leblebici, Z., Aksoy, A., Growth and bioaccumulation characteristics of watercress (*Nasturtium officinale* R. BR.) exposed to cadmium, cobalt and chromium, *Chemical Speciation and Bioavailability*, 21, 257-265, 2009.
45. Skinner, K., Wright, N. and Porter-Goff, E., Mercury uptake and accumulation by four species of aquatic plants, *Environmental Pollution*, 145, 234-237, 2007.
46. Fritioff, A., Greger, M., Uptake and distribution of Zn, Cu, Cd and Pb in an aquatic plant *Potamogeton natans*, *Chemosphere*, 63, 220-227, 2006.
47. Driver, M.S., Nes, H.V., Roijackers, M.M.R., Growth limitation of *L. minor* due to high plant density, *Aquatic Botany*, 81, 245-251, 2005.
48. Miretzky, P., Saralegui, A., Cirelli, A. F., Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals (Buenos Aires, Argentina), *Chemosphere*, 57, 997-1005, 2004.
49. Axtell, N.R., Stenberg, P.K., Claussen K., Lead and nickel removal using *Microspora* and *L. minor*, *Bioresource Technology*, 89, 41-48, 2003.
50. Dirilgen, N., Doğan, F., Speciation of chromium in the presence of copper and zinc and their combined toxicity, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 53, 397-403, 2002.
51. Cheng, J., et al., Nutrient recovery from swine lagoon water by *Spirodela punctata*, *Bioresource Technology*, 81, 81-85, 2002.
52. Prasad, M.N.V., et al., Physiological responses of *Lemna trisulca* L. (duckweed) cadmium and copper bioaccumulation, *Plant Science*, 161, 881-889, 2001.
53. Rahman, A.M. et al., Arsenic uptake by aquatic macrophyte *Spirodela polyrhiza* L.: Interactions with phosphate and iron, *Journal of Hazardous Material*, 160, 356-361, 2008.
54. Appenroth, K.J., et al., Modification of chromate toxicity by sulphate in duckweeds (*Lemnaceae*), *Aquatic Toxicology*, 89, 167-171, 2008.

55. Göthberg, A., et al., Influence of nutrient levels on uptake and effects of mercury, cadmium and lead in water spinach, *Journal Environmental Quality*, 33, 1247-1255, 2004.
56. Shanker, A., Cervantes, C., Loxa-Tavera, H., Avudainayagam, S., Chromium toxicity in plants. *Environment. International*, 31, 739-753, 2005.
57. Razinger, J., et al., Antioxidative responses of duckweed (*L. minor* L.) to short-term copper exposure. *Environmental science and pollution research international*, 14, 194-201, 2007.
58. Boule-Kanoun, M., et al., Ecophysiological tolerance of duckweeds exposed to copper, *Aquatic Toxicology*, 91, 1-9, 2009.
59. Bragato, C., Brix, H., Malagoli, M., Accumulation of nutrients and heavy metals in *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steudel and *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla in a constructed wetland of the Venice lagoon watershed, *Environmental Pollution*, 144, 967-975, 2006.
60. Oliveira de A.J. et al., Sulphate uptake and metabolism in water hyacinth and *Salvinia* during cadmium stress, *Aquatic Botany*, 91, 257-261, 2009.
61. Khellaf, N., Zerdaoui, M., Phytoaccumulation of zinc by the aquatic plant, *Lemna gibba* L., *Bioresource Technology*, 100, 6137-6140, 2009.
62. Megateli, S., Semsari, S., Couderchet, M., Toxicity and removal of heavy metals (cadmium, copper, and zinc) by *Lemna gibba*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72, 1774-1780, 2009.
63. Scherr, C., et al., Effects of potentiated substances on growth rate of the water plant *Lemna gibba* L., *Complementary Therapies in Medicine*, 17, 63-70, 2009.
64. Appenroth, K.J., et al., Effects of nickel on the chloroplasts of the duckweeds *Spirodela polyrhiza* and *Lemna minor* and their possible use in biomonitoring and phytoremediation, *Chemosphere*, 78, 216-223, 2010.
65. Rahman, A.M., et al., Arsenic accumulation in duckweed (*Spirodela polyrhiza* L.): A good option for phytoremediation, *Chemosphere*, 69, 493-499, 2007.
66. Naumann, B., Eberius, M., Appenroth, K.J., Growth rate based dose-response relationships and EC-values of ten heavy metals using the duckweed growth inhibition test (ISO 20079) with *Lemna minor* L. clone St, *Journal of Plant, Physiology*, 164, 1656-1664, 2007.

67. Oporto, S., et al., Experimental study and modelling of Cr (VI) removal from wastewater using *Lemna minor*, *Water Research*, 40, 1458-1464, 2006.
68. Mishra, K.V., Tripathi, B.D., Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes, *Bioresource Technology*, 99, 7091-7097, 2008.
69. Upadhyay, R., Panda, S.K., Zinc reduces copper toxicity induced oxidative stress by promoting antioxidant defense in freshly grown aquatic duckweed *Spirodela polyrhiza* L., *Journal of Hazardous Materials*, 175, 1081-1084, 2010.
70. Radic, S., et al., Ecotoxicological effects of aluminum and zinc on growth and antioxidants in *Lemna minor* L., *Exotoxicology and Environmental Safety*, 73, 336-342, 2010.
71. Wang, C., et al., Effects of ammonium on the antioxidative response in *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle plants, *Exotoxicology and Environmental Safety*, 73, 189-195, 2010.
72. Wolwerton, B.C., Engineering design data for small vascular aquatic plant wastewater treatment systems. *Aquaculture Systems for Wastewater Treatment Seminar Proceeding and Engineering Assessment*, 179–191, 1979.
73. Örencik, S., Karatüfenkçi, M., Güreşçi L.U., Bazı kirleticilerin Su mercimeklerinden (Lemnaceae) *L. trisulca*'da klorofil miktarına etkisi, *Atatürk Üniv. Fen Fak. Dergisi Cilt 1, Özel Sayı 1: 461–467*, Atatürk Üniv. Yayınları, Erzurum, 1983.
74. Hunt, R., *Plant growth analysis, studies in biology*, Edward Arnold Ltd, London, pp 67, 1978.
75. APHA, *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, New York, pp. 1268, 1998.
76. Ataman, Y.O., Çağdaş atomik spektrofotometri temel ilkeler AAS ve ICP-AES genel uygulama alanları, ODTÜ-Ankara, 1996.
77. Yıldız, A., Genç, Ö., *Enstirumental analiz*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, A-64, Ankara, 1993.
78. Criado, M.N., et al., Comparative study of the effect of the maturation process of the olive fruit on the chlorophyll and carotenoid fractions of drupes and virgin oils from Arbequina and Farga cultivars. *Food Chemistry*, 100 (2): 748-755, 2005.
79. Witham, F.H., Blaydes, D.F., Deulin, R.M., *Experiments in plant physiology*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp 245, 1971.

80. Perry, A.R.R., et al., Using a biology based model (Debtox) to analyse bioassays in ecotoxicology: opportunities and recommendation. *Environmental Toxicology Chemistry*, 21, 459-465, 2002.
81. Dhir, B.P., Sharmila, P., Saradhi, P.P., Hydrophytes lack potential to exhibit cadmium stress induced enhancement in lipid peroxidation and accumulation of proline, *Aquatic Toxicology*, 66, 141-147, 2004.
82. Pavlikova, D., et al., Glutamate kinase as potential biomarker of heavy metal stress in plants, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70, 223-230, 2008.
83. Zayed, A., Gowthaman, S., Terry, N., Phytoaccumulation of trace elements by Wetland plants: I. Duckweed. *Journal of Environmental Quality*, 27, 715-721, 1998.
84. Qian, J.H., et al., Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: III. Uptake and phytoaccumulation of trace elements by twelve plant species, *Journal of Environmental Quality*, 28, 1448-1455, 1999.
85. Wahaab, A.R., Lubberding, H.J., Alaerts, G.J., Copper and chromium (III) uptake by duckweed. *Water Science and Technology*, 32, 105-110, 1995.
86. Cardwell, A., Hawker, D., Greenway, M., Metal accumulation in aquatic macrophytes from Southeast Queensland. Australia, *Chemosphere*, 48, 653-663, 2002.
87. Chaney, R., Zinc phytotoxicity. In: Robson, A. (Ed.), *Zinc in soils and plants*. Kluwer, Dordrecht, pp. 135-150, 1993.
88. Lonergan, J., Webb, M., Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: Robson, A. (Ed.), *Zinc in soils and plants*. Kluwer, Dordrecht, pp. 119-131, 1993.
89. Mkandawire, M., Dudel, E.G., Accumulation of arsenic in *Lemna gibba* L. (duckweed) in tailing water of two abandoned uranium mining sites in Saxony, Germany, *Science and Total Environment*, 336, 81-89, 2005.
90. Mkandawire, M., et al., Toxicity of arsenic species to *Lemna gibba* L. and the influence of phosphate on arsenic bioavailability, *Environmental Toxicology*, 19, 26-35, 2004.
91. Hawkeford, M.J., Transporter gene families in plants: the sulphate transporter gene family-redundancy or specialization, *Plant Physiology*, 117, 15-163, 2003
92. Hawkesford, M.J., De-Kok, L.J., Managing sulphur metabolism in plants. *Plant Cell Environment*, 29, 382-395, 2006.

93. Bucher, P., Takahashi, H., Hawkesford, M.J., Plant sulphate transporters: coordination of uptake, intracellular and long-distance transport, *Journal of Experimental Botany*, 55, 1765-1773, 2004.
94. Maruyama-Nakashita, A., et al., Transcriptome profiling of sulfur-responsive genes in *Arabidopsis* reveals global effects of sulfur nutrition on multiple metabolic pathways, *Plant Physiology*, 132, 597, 2003.
95. Schiavon, M., et al., Chromate differentially affects the expression of a high-affinity sulfate transporter and isoforms of components of the sulfate assimilatory pathway in *Zea mays* (L), *Plant Biology*, 9, 662–671, 2007.
96. Kaszycki, P., et al., Exogenously applied sulphate as a tool to investigate transport and reduction of chromate in the duckweed *Spirodela polyrhiza*, *Plant Cell Environment*, 28, 260–269, 2005.
97. Sharma, S.S., Gaur, J.P., Potential of *Lemna polyrrhiza* of removal of heavy metals, *Ecological Engineering* 4, 37–43, 1994.
98. Jain, K., Vasudevan, P., Jha, N.K., Removal of some heavy metals from polluted water by aquatic plants: studies on duckweed and water velvet, *Biology Waste*, 28, 115–126, 1989
99. Srivastav, R.K., et al, Use of aquatic plants for the removal of heavy metals from wastewater, *International Journal of Environmental Studies*, 45, 43–50, 1993.
100. Dushenkov, V., et al., Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metal from aqueous streams, *Environmental Science and Technology*, 29, 1239–1245., 1995.
101. Rahmani, G.N.H. and Sternberg, S.P.K., Bioremoval of lead from water using *Lemna minor*, *Bioresource Technology*, 70, 225–230, 1999.
102. Tripathi, R.D., Chandra, P., Chromium uptake by *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleiden in relation to metal chelators and pH, *Environmental Contamination and Toxicology*, 47, 764-769, 1991.
103. Li, T.Y., Xiong, Z.T., Cadmium-induced colony disintegration of duckweed (*Lemna paucicostata* Hegelm.) and as biomarker of phytotoxicity, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59, 174-179, 2004.
104. Hou, W., et al., Effects of copper and cadmium on heavy metal polluted waterbody restoration by duckweed (*Lemna minor*), *Plant Physiology and Biochemistry* 45, 62–69, 2007.

105. Monni, S., Salemaa, M., Millar, N., The tolerance of *Empetrum nigrum* to copper and nickel. *Environmental Pollution*, 109, 221-229, 2000.
106. Maine, M.A., Sune, N., Lager, S.C., Chromium bioaccumulation: comparison of the capacity of two floating aquatic macrophytes, *Water Research*, 38, 1494-1501, 2004.
107. Jampeetong, A., Brix, H., Effects of  $\text{NH}_4^+$  concentration on growth, morphology and  $\text{NH}_4^+$  uptake kinetics of *Salvinia natans*, *Ecological Engineering*, 35, 695-702, 2009.
108. Britto, D.T., Kronzucker, H.J.,  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants: a critical review. *Journal of Plant Physiology*, 159, 567-584, 2002.
109. Mishra, V.K., Tripathi, B.D., Accumulation of chromium and zinc from aqueous solutions using water hyacinth (*Eichornia crassipes*), *Journal of Hazardous Material*, 164, 1059–1063, 2009.
110. Teisseire, H., Chouderchet, M., Vernet, G., Toxic responses and catalase activity of *Lemna minor* L., exposed to folpet, copper and their combination, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 40, 194–200, 1998.
111. Bertrand, M., Poirier, I., Photosynthetic organisms and excess of metals, *Photosynthetica*, 43, 345-353, 2005.
112. Li, T.Y., Xiong, Z.T., A novel response of wild type duckweed (*Lemna paucicostata* Hegelm.) to heavy metals, *Environmental Toxicology*, 19, 95–102, 2004.
113. Llorens, N., et al., Effects of copper exposure upon nitrogen metabolism in tissue cultured *Vitis vinifera*, *Plant Science*, 160, 159–163, 2000.
114. Mazen, A.M.A., Accumulation of four metals in tissues of *Corchorus olitorius* and possible mechanisms of their tolerance, *Biology of Plant*, 48, 267–272, 2004.
115. Frankart, C., Eullaffoy, P., Vernet, G., Photosynthetic responses of *Lemna minor* exposed to xenobiotics, copper, and their combinations, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 53, 439–445, 2002.
116. Olette, R., et al., Toxicity and removal of pesticides by selected aquatic plants, *Chemosphere* 70, 1414–1421, 2008.
117. Weckx, E.J., Clijsters, H.M.M., Oxidative damage and defence mechanisms in primary leaves of *Phaseolus vulgaris* as a result of root assimilation of toxic amounts of copper, *Physiology of Plant* 96, 506–512, 1996.

118. Sudhakar Babu, T.A., et al., Similar stress responses are elicited by copper and ultraviolet radiation in the aquatic plant *Lemna gibba*: implication of reactive oxygen species as common signals, *Plant Cell Physiology* 44, 1320–1329, 2003.
119. Lewis, M.A., Use of fresh water plants for toxicity testing: a review, *Environmental Pollution*, 87, 319–336, 1995.
120. Vavilin, D.V., et al., Sublethal concentration of copper stimulate photosystem II photoinhibition in *Chlorella pyrenoidosa*, *Journal of Plant Physiology*, 146, 609–614, 1995.
121. Devi, S.R., Prasad, M.N.V., Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: responses of antioxidant enzymes and antioxidants, *Plant Science*, 138, 157-165, 1998.
122. Baszynski, T., et al., Characteristics of photosynthetic apparatus of copper non-tolerant spinach exposed to excess copper, *Plant Physiology*, 132, 708-713, 1988.
123. Sandmann, G., Boger, P., Copper-mediated lipid peroxidation processes in photosynthetic membranes, *plant Physiology*, 66, 797-800, 1980.
124. Vajpayee, P., et al., Possible involvement of oxidative stress in copper-induced inhibition of nitrate reductase activity in *Vallisneria spiralis* L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 74, 745-754, 2005.
125. Tamas, J., et al., Alterations of the gene expression, lipid peroxidation, proline and thiol content along the barley root exposed to cadmium, *Journal of Plant Physiology*, 165, 1193–1203, 2008.
126. Barceló, J., Poschenrieder, C., Plant water relation as affected by heavy metal stress: a review, *Journal of Plant Nutrition*, 13, 1–37, 1990.
127. Hernandez, L.E., Cooke, D.T., Modification of the root plasma membrane lipid composition of cadmium-treated *Pisum sativum*, *Journal of Experimental Botany*, 48, 1138–1375, 1997.
128. Tamás, L., et al., Cadmium induced inhibition of apoplastic ascorbate oxidase in barley roots, *Plant Growth Regulation*, 48, 41–49, 2006.
129. Fojtova, M., et al., Recovery of tobacco cells from cadmium stress is accompanied by DNA repair and increased telomerase activity, *Journal of Experimental Botany*, 53, 2151–2158, 2002.

130. Gardea-Torresdey, L., et al., Bioaccumulation of cadmium, chromium and copper by *Convolvulus arvensis* L.: impact on plant growth and uptake of nutritional elements, *Bioresource Technology*, 92, 229–235, 2004.
131. Mohan B.S. and Hosetti, B.B., Potential phytotoxicity of lead and cadmium to *L. minor* grown in sewage stabilization ponds. *Environmental Pollution*, 98, 233–238, 1997.
132. Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C., Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochemical Journal*, 219, 1-14, 1984.
133. Uysal Y., Taner, F., The effect of cadmium ions in the growth rate of the freshwater macrophyte duckweed *Lemna minor*, *Ekoloji*, 16, 9–15, 2007.
134. Gamczarska, M., Ratajczak, L., Metabolic responses of *Lemna minor* to lead ions I. Growth, chlorophyll level and activity of fermentative enzymes. *Acta Physiology Plant*, 22, 423-427, 2000.
135. Leblebici, Z. and Aksoy, A., Growth and heavy metal accumulation capacity of *Lemna minor* and *Spirodela polyrhiza* (Lemnaceae): Interactions with nutrient enrichment, *Water Air and Soil Pollution*, DOI: 10.1007/s11270-010-0413-1
136. Leblebici, Z., Aksoy, A., Duman, F., “Influence of nutrient addition on growth and accumulation of cadmium and copper in *Lemna gibba*” *Chemical Speciation and Bioavailability*, (2010) In press.



**ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı: Zeliha Leblebici

Baba Adı: Enver

Anne Adı: Neriman

Doğum Yeri: Nevşehir

Doğum Tarihi:19.08.1980

İlk ve orta öğrenimini Nevşehir Kaymaklı Kasabası'nda tamamladı. 1998 yılında Nevşehir 2000 Evler Lisesi'nden mezun oldu. 1999-2000 eğitim-öğretim yılında Erciyes Üniversitesi Yozgat Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'ne kayıt yaptırdı. 2000–2001 eğitim- öğretim yılında Erciyes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'ne yatay geçiş yaptı. Bu bölümden, 2003 yılında birincilikle mezun oldu. 2003-2006 yıllarında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisansını tamamladı. 2005 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2006 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı'nda Doktora eğitimine başladı halen bu ana bilim dalında çalışan araştırmacı evli ve bir çocuk annesidir.

e-mail: [zleblebici@erciyes.edu.tr](mailto:zleblebici@erciyes.edu.tr)

Tel: (0352) 4374937\33065