

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Hikmet Yeter ÇOĞUN

***OREOCHROMIS NILOTICUS VE CYPRINUS CARPIO* DA BAKIR VE
KURŞUN BİRİKİMİNİN SOLUNGAÇ, KAS, KARACİĞER, BÖBREK VE
KAN DOKULARINDAKİ İYON DAĞILIMI ÜZERİNE ETKİSİ**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2008

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OREOCHROMIS NILOTICUS VE CYPRINUS CARPIO'DA BAKIR VE KURŞUN BİRİKİMİNİN SOLUNGAÇ, KAS, KARACİĞER, BÖBREK VE KAN DOKULARINDAKİ İYON DAĞILIMI ÜZERİNE ETKİSİ

Hikmet Yeter ÇOĞUN
DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu tez 01/12/2008 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza:..... İmza:..... İmza:.....
Prof. Dr. Ferit KARGIN Prof. Dr. İskender EMRE Prof. Dr. M .Z. Lugal GÖKSU
DANIŞMAN ÜYE ÜYE

İmza:..... İmza:.....
Doç. Dr. Bedii CİCİK Yrd. Doç. Dr. Mehmet SULANÇ
ÜYE ÜYE

Bu tez Enstitümüz Biyoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FEF2003D13

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

ÖZ
DOKTORA TEZİ

**OREOCHROMIS NILOTICUS VE CYPRINUS CARPIO'DA BAKIR VE
KURŞUN BİRİKİMİNİN SOLUNGAÇ, KAS, KARACİĞER, BÖBREK VE
KAN DOKULARINDAKİ İYON DAĞILIMI ÜZERİNE ETKİSİ**

Hikmet Yeter ÇOĞUN

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman: Prof. Dr. Ferit KARGIN

Yıl: 2008, Sayfa 173

Jüri: Prof. Dr. Ferit KARGIN

Prof. Dr. İskender EMRE

Prof. Dr. M.Z. Lugal GÖKSU

Doç. Dr. Bedii CİCİK

Yrd. Doç. Dr. Mehmet SULANÇ

Bu çalışmada *Cyprinus carpio* ve *Oreochromis niloticus*'un farklı dokularında bakır ve kurşun birikimi ve farklı derişimlerdeki metal ortamlarının ve bu ortamlarda kalma sürelerinin kan serum ve dokularda Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} ve Cl^- iyonlarına etkileri incelenmiştir.

Hayvanlar 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 mgL^{-1} Cu ve Pb derişimlerinde 10, 20 ve 30 günlük sürelerle bırakılarak karaciğer, böbrek, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi ile iyon derişimleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik yöntemle saptanmıştır.

C. carpio ve *O. niloticus*'da bakır birikimi en fazla karaciğerde olurken, kurşun birikimi ise böbrek dokusunda olduğu belirlenmiştir. Böbrek dokusunda kurşun birikimi hariç tüm doku ve organlardaki metal birikiminin *C. carpio*'da *O. niloticus*'a oranla önemli düzeyde yüksek olduğu bulunmuştur. Her iki balık türünde de dokularda bakır birikimi oranları kurşundan daha yüksek olduğu saptanmıştır.

C. carpio ve *O. niloticus*'da bakır ve kurşunun en yüksek oranda karaciğer ve böbrek dokusunda biriktiği, en düşük birikiminin ise her iki türde de kasta olduğu saptanmıştır.

Serum ve doku iyon (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} ve Cl^-) düzeyleri bakır ve kurşun tarafından etkilenmiştir. Her iki türde de denenen kurşun ortam derişimleri karaciğer ve böbrek dokusu Na^+ düzeyinde bir azalmaya solungaç dokusunda ise bir artışa neden olmuştur. Bakır ve kurşun ortam derişimleri kas dokusu Na^+ düzeyinde bir değişiklik yapmamıştır. *C. carpio*'da denenen tüm koşullarda bakır, karaciğer ve solungaç Na^+ düzeyini düşürmüştür, böbrek dokusunda Na^+ düzeyini arttırmıştır. Her iki türde de deney sürelerinin sonunda kan serum Na^+ düzeyleri bakır ortam derişimlerinin etkisinde azalırken, kurşun ortam derişimlerinin etkisinde artış göstermiştir.

Her iki türde, denenen tüm koşullarda bakır ve kurşun karaciğer K^+ düzeylerinde önemli değişiklik yapmamıştır. *O. niloticus*'da bakır ve kurşun böbrek dokusu K^+ düzeyini arttırırken kurşun solungaç dokusu K^+ düzeyini azaltmıştır. *O. niloticus* serum K^+ düzeyi bakır ve kurşun ortam derişimlerinin etkisinde artmıştır. *C. carpio*'da denenen sürelerde bakır ortam derişimleri serum K^+ düzeyini arttırırken, kurşun ortam derişimlerinde ise azalmıştır.

O. niloticus'da 10 ve 20. gün sonunda denenen bakır ve kurşun ortam derişimleri karaciğer ve solungaç dokusu Ca^{++} düzeylerini arttırmıştır. Denenen sürelerde bakır derişimleri *C. carpio*'nun tüm dokularında Ca^{++} düzeyini arttırmıştır. Karaciğer hariç, *C. carpio*'nun denenen dokularında Ca^{++} düzeyleri kurşun ortam derişimleri etkisinde artmıştır. *O. niloticus* serum Ca^{++} düzeyi bakır ve kurşun ortam derişimlerinin etkisinde azalmıştır. *C. carpio*'da bakır ortam derişimleri serum Ca^{++} düzeyini düşürürken, kurşun ortam derişimlerinin etkisinde ise artmıştır.

Her iki metalde 30. günde *O. niloticus*'un solungaç ve kas dokusu Mg^{++} düzeyinde bir artışa, böbrek dokusunda ise bir azalmaya neden olmuştur. *C. carpio*'da kurşun ortam derişimleri karaciğer, böbrek ve kas dokusu Mg^{++} düzeylerini arttırmıştır. Bakır ve kurşunun etkisinde ve denenen tüm sürelerde serum Mg^{++} düzeyi *O. niloticus*'da azalırken, *C. carpio*'da arttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bakır, Kurşun, Birikim, *C. carpio*, *O. niloticus*, iyon dağılımı, serum

ABSTRACT

PhD THESIS

THE EFFECT OF ACCUMULATION OF COPPER AND LEAD ION DISTRUBUTION IN GILL, MUSCLE, LIVER, KIDNEY AND BLOOD TISSUES OF *OREOCHROMIS NILOTICUS* AND *CYPRINUS CARPIO*

Hikmet Yeter ÇOĞUN

DEPARTMENT OF BIOLOGY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor: Prof. Dr. Ferit KARGIN

Year: 2008, Pages 173

Jury: Prof. Dr. Ferit KARGIN

Prof. Dr. İskender EMRE

Prof. Dr. M.Z. Lugal GÖKSU

Assoc. Prof. Dr. Bedii CİCİK

Assist. Prof. Dr. Mehmet SULANÇ

Accumulation of copper and lead in various tissues of *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* and effect of Cu and Pb on Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} and Cl^- levels of tissues and serum were tested at varying concentrations of metal in the medium and over different periods of time

Animals were exposed to 0.1, 0.5, 1.0 and 5.0 mg L^{-1} Cu and Pb over periods of 10, 20 and 30 days and ion distribution and accumulation of copper and lead in liver, kidney, gill and muscle were determined using atomic absorption spectrophotometry.

Highest accumulation of copper was observed in liver in all the experimental periods of *O. niloticus* and *C. carpio*, while lead accumulated mainly in the kidney tissue. Except for lead accumulation in the kidney, *C. carpio* accumulated metals at significantly higher levels in their tissues than *O. niloticus*. In both fish, copper accumulation rates in the tissues were higher than observed for lead.

Highest levels of copper and lead were accumulated in liver and kidney by *C. carpio* and *O. niloticus*, whereas accumulation was the lowest in muscle in both species.

Our data show that tissue and serum ion (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} and Cl^-) levels effected by Pb and Cu. In both species, all concentration of lead caused a decrease in liver and kidney and on increase in gill tissue in Na^+ levels. Muscle Na^+ levels did not change at exposure to concentration Cu and Pb. In all concentrations and periods tested copper caused a decrease Na^+ levels in liver and gill and, increase in kidney of *C. carpio*. In both species, blood serum Na^+ levels decreased after periods tested at exposure to copper while increasing at exposure lead.

In both species, liver and muscle K^+ levels did not show significant changes in all the concentrations of Pb and Cu and periods tested. Copper and lead concentrations caused an increase in K^+ levels in the kidney while lead concentration a decrease in gill of *O. niloticus*. *O. niloticus* blood serum K^+ levels increased with effect of Cu and Pb concentrations. In *C. carpio* Cu concentrations blood serum K^+ levels increased while decreased with effect of Pb concentrations after 10, 20 and 30 days of exposure.

In all the concentration of Cu and Pb for 10 and 20 days Ca^{++} levels in the liver and gill of *O. niloticus* were increased significantly when to control values. Ca^{++} levels of tested tissues in *C. carpio* increased with effects of exposed copper after period tested. Except for liver, Ca^{++} level of tested tissue in *C. carpio* increased with effects of exposed lead. Ca^{++} levels of blood serum in *O. niloticus* decreased at high concentrations of Cu and in all the concentrations of Pb. In *C. carpio* blood serum Ca^{++} levels decreased at exposure to copper while increasing at exposure to lead after periods tested.

After 30 days of Cu and Pb exposures tissue Mg^{++} levels showed an increase at gill and muscle tissues and a decrease in kidney tissue of *O. niloticus* lead concentrations increased the Mg^{++} levels in the liver, kidney and muscle tissues of *C. carpio*. In all the concentration of Cu and Pb and periods tested, blood serum Mg^{++} levels decreased in *O. niloticus* but an increase was observed in *C. carpio*.

Key Words: Copper, Lead, Accumulation, *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, Ion, Distribution, Serum.

TEŞEKKÜR

Bana bu çalışmamda her türlü yardımı ve desteği esirgemeyen Ç. Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim üyelerinden danışman hocam Prof. Dr. Ferit KARGIN'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. İskender EMRE ve sayın Prof. Dr. M. Z. Lugal GÖKSU ve diğer bölüm öğretim üyeleri ile Su Ürünleri Fakültesinden Yrd. Doç. Dr. Fatma ÇEVİK hocama ve Arş. Gör. Barış DERİCİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Deney sırasında yardımlarını gördüğüm Hidrobiyoloji laboratuvarındaki çalışma arkadaşlarım Tüzün AYTEKİN YÜZEREROĞLU, Gülizar ATLI, Gülbin GÖK ve Özgür FIRAT'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca desteğini her zaman yanımda hissettiğim eşim Melek, kızım Damla ve oğlum Çetin'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGE DİZİNİ.....	VI
ŞEKİL DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Metal Birikimi	7
2.2. İyon Düzeyi	9
3. MATERYAL VE METOD.....	12
4. BULGULAR.....	15
4.1. Bakır Birikimi.....	15
4.1.1. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır Birikimi.....	15
4.1.2. <i>C. carpio</i> 'da Bakır Birikimi.....	19
4.2. Kurşun Birikimi.....	27
4.2.1. <i>O. niloticus</i> 'da Kurşun Birikimi.....	27
4.2.2. <i>C. carpio</i> 'da Kurşun Birikimi.....	32
4.3. Dokularda Na ⁺ iyon Düzeyleri.....	38
4.3.1. <i>O. niloticus</i> 'da Sodyum İyon Düzeyleri	38
4.3.1.1. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır Etkisinde Na ⁺ İyon Düzeyi	38
4.3.1.2. <i>O. niloticus</i> 'da Kurşun Etkisinde Na ⁺ İyon Düzeyi ...	43
4.3.2. <i>C. carpio</i> 'da Na ⁺ iyon Düzeyleri	48
4.3.2.1. <i>C. carpio</i> 'da Bakır Etkisinde Na ⁺ İyon Düzeyi	48
4.3.2.2. <i>C. carpio</i> 'da Kurşun Etkisinde Na ⁺ İyon Düzeyi	53
4.4. Dokularda K ⁺ iyon Düzeyleri.....	62
4.4.1. <i>O. niloticus</i> 'da Potasyum İyon Düzeyleri	62
4.4.1.1. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır Etkisinde K ⁺ İyon Düzeyi	62
4.4.1.2. <i>O. niloticus</i> 'da Kurşun Etkisinde K ⁺ İyon Düzeyi	67

4.4.2. <i>C. carpio</i> 'da K^+ iyon Düzeyleri	72
4.4.2.1. <i>C. carpio</i> 'da Bakır Etkisinde K^+ İyon Düzeyi	72
4.4.2.2. <i>C. carpio</i> 'da Kurşun Etkisinde K^+ İyon Düzeyi	77
4.5. Dokularda Ca^+ iyon Düzeyleri	86
4.5.1. <i>O. niloticus</i> 'da Kalsiyum İyon Düzeyleri.....	86
4.5.1.1. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır Etkisinde Ca^{++} İyon Düzeyi.....	86
4.5.1.2. <i>O. niloticus</i> 'da Kurşun Etkisinde Ca^{++} İyon Düzeyi	91
4.5.2. <i>C. carpio</i> 'da Ca^{++} iyon Düzeyleri.....	97
4.5.2.1. <i>C. carpio</i> 'da Bakır Etkisinde Ca^{++} İyon Düzeyi.....	97
4.5.2.2. <i>C. carpio</i> 'da Kurşun Etkisinde Ca^{++} İyon Düzeyi	102
4.6. Dokularda Mg^{++} iyon Düzeyleri.....	110
4.6.1. <i>O. niloticus</i> 'da Magnezyum İyon Düzeyleri.....	110
4.6.1.1. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır Etkisinde Mg^{++} İyon Düzeyi	110
4.6.1.2. <i>O. niloticus</i> 'da Kurşun Etkisinde Mg^{++} İyon Düzeyi ..	116
4.6.2. <i>C. carpio</i> 'da Mg^{++} iyon Düzeyleri	121
4.6.2.1. <i>C. carpio</i> 'da Bakır Etkisinde Mg^{++} İyon Düzeyi	121
4.6.2.2. <i>C. carpio</i> 'da Kurşun Etkisinde Mg^{++} İyon Düzeyi	126
4.6.2.3. <i>O. niloticus</i> ve <i>C. carpio</i> 'da Serumunda Klor İyon Düzeyleri	135
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	143
KAYNAKLAR	160
ÖZ GEÇMİŞ	173

ÇİZELGE DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1.	<i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g. k.a.}$).....	16
Çizelge 4.2.	<i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 20. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g. k.a.}$).	17
Çizelge 4.3.	<i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 30. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g. k.a.}$).	17
Çizelge 4.4.	Ortam bakır derişimi ve etkide kalma süresine bağılı olarak <i>C. carpio</i> 'da mortalite üzerine etkisi.	20
Çizelge 4.5.	<i>C. carpio</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g. k.a.}$).	21
Çizelge 4.6.	<i>C. carpio</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 20. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g. k.a.}$).	22
Çizelge 4.7.	<i>C. carpio</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 30. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g. k.a.}$).	22
Çizelge 4.8.	<i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$)	28
Çizelge 4.9.	<i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 20. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$).....	29
Çizelge 4.10.	<i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 30. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$).	30
Çizelge 4.11.	<i>C. carpio</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$).	32
Çizelge 4.12.	<i>C. carpio</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 20. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$).	33

Çizelge 4.13. <i>C. carpio</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 30. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$).	34
Çizelge 4.14. <i>O. niloticus</i> 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).	39
Çizelge 4.15. <i>O. niloticus</i> 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).	40
Çizelge 4.16. <i>O. niloticus</i> 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).	41
Çizelge 4.17. <i>O. niloticus</i> 'da serum sodyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L).	41
Çizelge 4.18. <i>O. niloticus</i> 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).....	44
Çizelge 4.19. <i>O. niloticus</i> 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).....	45
Çizelge 4.20. <i>O. niloticus</i> 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).....	46
Çizelge 4.21. <i>O. niloticus</i> 'da serum sodyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mmol/L).	46
Çizelge 4.22. <i>C. carpio</i> 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).	49
Çizelge 4.23. <i>C. carpio</i> 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).	50
Çizelge 4.24. <i>C. carpio</i> 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).	51
Çizelge 4.25. <i>C. carpio</i> 'da serum sodyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L).	51
Çizelge 4.26. <i>C. carpio</i> 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).....	54
Çizelge 4.27. <i>C. carpio</i> 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g. k.a.}$).....	55

Çizelge 4.28. <i>C. carpio</i> 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi (mg Na ⁺ /g. k.a.)	56
Çizelge 4.29. <i>C. carpio</i> 'da serum sodyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mmol/L).	56
Çizelge 4.30. <i>O. niloticus</i> 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).	63
Çizelge 4.31. <i>O. niloticus</i> 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.)	64
Çizelge 4.32. <i>O. niloticus</i> 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).	65
Çizelge 4.33. <i>O. niloticus</i> 'da serum potasyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L).	65
Çizelge 4.34. <i>O. niloticus</i> 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).....	68
Çizelge 4.35. <i>O. niloticus</i> 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).....	69
Çizelge 4.36. <i>O. niloticus</i> 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).....	70
Çizelge 4.37. <i>O. niloticus</i> 'da serum potasyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mmol/L).	70
Çizelge 4.38. <i>C. carpio</i> 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).....	73
Çizelge 4.39. <i>C. carpio</i> 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).	74
Çizelge 4.40. <i>C. carpio</i> 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).	75
Çizelge 4.41. <i>C. carpio</i> 'da serum potasyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L).	75
Çizelge 4.42. <i>C. carpio</i> 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).	78

Çizelge 4.43. <i>C. carpio</i> 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).	79
Çizelge 4.44. <i>C. carpio</i> 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K ⁺ /g. k.a.).	80
Çizelge 4.45. <i>C. carpio</i> 'da serum potasyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mmol/L).	80
Çizelge 4.46. <i>O. niloticus</i> 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).	87
Çizelge 4.47. <i>O. niloticus</i> 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).	88
Çizelge 4.48. <i>O. niloticus</i> 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).	89
Çizelge 4.49. <i>O. niloticus</i> 'da serum kalsiyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mg/dL).	89
Çizelge 4.50. <i>O. niloticus</i> 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).	93
Çizelge 4.51. <i>O. niloticus</i> 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).	93
Çizelge 4.52. <i>O. niloticus</i> 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).	94
Çizelge 4.53. <i>O. niloticus</i> 'da serum kalsiyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mg/dL).	95
Çizelge 4.54. <i>C. carpio</i> 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).	98
Çizelge 4.55. <i>C. carpio</i> 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).	99
Çizelge 4.56. <i>C. carpio</i> 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).	99
Çizelge 4.57. <i>C. carpio</i> 'da serum kalsiyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mg/dL).	100

Çizelge 4.58. <i>C. carpio</i> 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).....	103
Çizelge 4.59. <i>C. carpio</i> 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).....	103
Çizelge 4.60. <i>C. carpio</i> 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca ⁺⁺ /g. k.a.).....	104
Çizelge 4.61. <i>C. carpio</i> 'da serum kalsiyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mg/dL).	104
Çizelge 4.62. <i>O. niloticus</i> 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.).	111
Çizelge 4.63. <i>O. niloticus</i> 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.).	112
Çizelge 4.64. <i>O. niloticus</i> 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.).....	113
Çizelge 4.65. <i>O. niloticus</i> 'da serum magnezyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mg/dL).....	113
Çizelge 4.66. <i>O. niloticus</i> 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.)...	117
Çizelge 4.67. <i>O. niloticus</i> 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.)...	117
Çizelge 4.68. <i>O. niloticus</i> 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.)...	118
Çizelge 4.69. <i>O. niloticus</i> 'da serum magnezyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mg/dL).....	118
Çizelge 4.70. <i>C. carpio</i> 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.).....	122
Çizelge 4.71. <i>C. carpio</i> 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.).....	123
Çizelge 4.72. <i>C. carpio</i> 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.).....	123

Çizelge 4.73. <i>C. carpio</i> 'da serum magnezyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mg/dL).....	124
Çizelge 4.74. <i>C. carpio</i> 'da 10 günlük süre sonunda kurşun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.).....	127
Çizelge 4.75. <i>C. carpio</i> 'da 20 günlük süre sonunda kurşun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.).....	128
Çizelge 4.76. <i>C. carpio</i> 'da 30 günlük süre sonunda kurşun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg ⁺⁺ /g. k.a.).....	129
Çizelge 4.77. <i>C. carpio</i> 'da serum magnezyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mg/dL).....	129
Çizelge 4.78. <i>O. niloticus</i> 'da serum klor düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L).....	135
Çizelge 4.79. <i>O. niloticus</i> 'da serum klor düzeyi üzerine kurşun etkisi (mmol/L).....	136
Çizelge 4.80. <i>C. carpio</i> 'da serum klor düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L).....	137
Çizelge 4.81. <i>C. carpio</i> 'da serum klor düzeyi üzerine kurşun etkisi (mmol/L).....	137

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 4.1.	Bakır derişimi ve absorbands arasındaki doğrusal ilişki.....	15
Şekil 4.2.	<i>O. niloticus</i> 'da bakırın farklı dokulardaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).....	19
Şekil 4.3.	<i>C. carpio</i> 'da bakırın farklı dokulardaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).....	25
Şekil 4.4.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarındaki bakır birikimi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).....	26
Şekil 4.5.	Kurşun derişimi ve absorbands arasındaki doğrusal ilişki.....	27
Şekil 4.6.	<i>O. niloticus</i> 'da kurşunun farklı dokulardaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).....	31
Şekil 4.7.	<i>C. carpio</i> 'da kurşunun farklı dokulardaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).....	35
Şekil 4.8.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarındaki kurşun birikimi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).....	37
Şekil 4.9.	Sodyum derişimi ve absorbands arasındaki doğrusal ilişki.....	38
Şekil 4.10.	<i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	43
Şekil 4.11.	<i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	48
Şekil 4.12.	<i>C. carpio</i> 'da doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	53

Şekil 4.13.	<i>C. carpio</i> 'da doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	58
Şekil 4.14.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da bakırın doku ve organlarındaki sodyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	60
Şekil 4.15.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da kurşunun doku ve organlarındaki sodyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	61
Şekil 4.16.	Potasyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.....	62
Şekil 4.17.	<i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	67
Şekil 4.18.	<i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	72
Şekil 4.19.	<i>C. carpio</i> 'da doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	77
Şekil 4.20.	<i>C. carpio</i> 'da doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	83
Şekil 4.21.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da bakırın doku ve organlarındaki potasyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	84
Şekil 4.22.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da kurşunun doku ve organlarındaki potasyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	85
Şekil 4.23.	Kalsiyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.....	86

Şekil 4.24.	<i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	91
Şekil 4.25.	<i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	96
Şekil 4.26.	<i>C. carpio</i> 'da doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	101
Şekil 4.27.	<i>C. carpio</i> 'da doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	107
Şekil 4.28.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da bakırın doku ve organlarındaki kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	108
Şekil 4.29.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da kurşunun doku ve organlarındaki kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	109
Şekil 4.30.	Magnezyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.....	110
Şekil 4.31.	<i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	115
Şekil 4.32.	<i>O. niloticus</i> 'da doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	120
Şekil 4.33.	<i>C. carpio</i> 'da doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	125
Şekil 4.34.	<i>C. carpio</i> 'da doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	132

Şekil 4.35.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da bakırın doku ve organlarındaki potasyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	133
Şekil 4.36.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> 'da kurşunun doku ve organlarındaki magnezyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).....	134
Şekil 4.37.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> serumunda kurşun etkisinde iyon düzeyleri üzerine etkisi (A: Na ⁺ , B: K ⁺ , C: Ca ⁺⁺ , D: Mg ⁺⁺ ve E: Cl ⁻).....	140
Şekil 4.38.	<i>C. carpio</i> ve <i>O. niloticus</i> serumunda bakır etkisinde iyon düzeyleri üzerine etkisi (A: Na ⁺ , B: K ⁺ , C: Ca ⁺⁺ , D: Mg ⁺⁺ ve E: Cl ⁻).....	142

1.GİRİŞ

Ağır metaller çevreye verdikleri zararlara ek olarak sucul organizmalar tarafından biriktirilebilmelerinden dolayı akuatik ekosistemlerin ciddi kirleticileri olarak bilinmektedirler. Genelde akuatik ortamda doğal olarak çok düşük düzeyde bulunurlar. Endüstriyel atıklar, kanalizasyon atıkları, kentsel gelişme ve tarımsal aktiviteler ve yağmur suları akuatik ortamdaki ağır metal kontaminasyonunun önemli kaynaklarıdır. Son yıllarda su ortamlarında ağır metal düzeylerindeki artış nedeniyle organizmalar olumsuz yönde etkilenmektedirler.

İz elementler, metalik elementlerin büyük bir gurubunu oluşturmakta ve canlı organizmalarda sınırlı düzeylerde bulunmaktadır. İz elementler iki sınıfa ayrılmaktadırlar; bunlardan birincisi Fe, Mg, Mn, Co, Zn ve Cu gibi metalleri içerir ki bunlar canlıda biyokimyasal işlevler için gerekli olan metallerdir. Cd, Hg, Cr ve Pb gibi metalleri içeren ikinci gurup metaller su ortamının önemli kirleticileridir ve canlı organizmalarda herhangi bir biyolojik işlevleri bulunmamaktadır (Murphy ve Spiegel, 1983 ; Viarengo, 1985).

Ağır metallerin etkisine bırakılan organizmalarda genelde üç faz dikkati çekmektedir. Bunlar şok, iyileşme (recovery) ve aklımasyon fazlarıdır. Şok fazında organizmaların çeşitli dokularında hasarların oluştuğu görülmektedir. Bu fazda ilk olarak solungaçlarda hasarların oluştuğu ve fizyolojik homeostasisin bozulduğu görülmektedir. İyileşme fazında biyosentetik aktivitelerdeki (protein sentezi) artış sonucu hasarlar onarılmaya ve fizyolojik bozuklukların düzelmeye başladığı görülür. Buna ek olarak bu fazda metallothioneinlerin oluşumu artarak metallerle rekabetin başladığı görülmektedir. Aklımasyon fazında, organizmanın ağır metallerle karşı toleransını arttırarak bir denge kurmaya başladığı görülmektedir (McGeer ve ark., 2000).

Ağır metallerin organizmalara toksik etkileri, ya enzimin aktif bölgesinde yararlı bir metalle yer değiştirerek veya molekül üzerinde aktif olmayan bölgeye bağlanarak yaptıkları saptanmıştır (Viarengo, 1985). Metaller organizmalarda, proteinlerin imidazol, amino, sülfidril ve karboksil guruplarına bağlandıkları belirtilmiştir (Murphy ve Spiegel., 1983; Viarengo, 1985).

Ağır metallerin biyoakümülyasyonu ve toksik etkileri, hedef organizmanın türüne, metalin davranışına, suyun kimyasına, organizmanın yaşam safhasına ve sıcaklığa bağı olarak değişim göstermektedir (Erdem ve Kargın, 1992; Tao ve ark., 1999; Kargın ve ark., 2001). Balıklarda yaş, büyüklük ve beslenme alışkanlığının metal birikimini etkileyen önemli faktörler olduğu belirlenmiştir (Al-Yousuf ve ark., 2000; Cogun ve ark., 2003).

Bakır bir iz element olarak sınıflandırılmaktadır ve tüm hücrelerde pikomolar düzeyinde bulunmaktadır. Bakır tüm canlı organizmaların gereksinim duyduğu bir elementtir. Yaklaşık 30 enzimin kofaktör olarak bakırı kullandığı belirlenmiştir (Arellano ve ark., 1999). Bakır hemen tüm sularda eser düzeyde bulunmaktadır. Kentsel ve endüstriyel gelişimin bir sonucu olarak yaygın bir şekilde kullanılan bakır su ortamının kirlenmesine ve dolayısıyla organizmalarda birçok hasarlara neden olmaktadır (Munoz ve ark., 1991). Bakırın subletal derişimleri balıklarda büyüme, gelişme ve üreme üzerine olumsuz etkiler yaptığı bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Buckley ve ark., 1982; Hilmy ve ark., 1985).

Kurşun periyodik tabloda IV A gurubunda yer alan bir metaldir. Organizmalarda herhangi bir biyolojik işlevi bulunmayan kurşun yer kabuğunda, kayalarda, toprakta ve suda doğal olarak bulunmaktadır. Doğal sularda normal kurşun düzeyleri 0.0006-0.12 mgL⁻¹ arasındadır. Kurşun su ortamına, madencilik, kömür ve petrol yakıtlarından, çeşitli yapıştırıcı maddelerin imalinden, kauçuk sanayinden, benzin katkı maddesi olarak, akü, boya ve pil yapımı gibi insan aktiviteleri sonucu girmektedir (Berman, 1980; Roger ve ark., 2003). Organizmalarda iz miktarlarda bile gerekli olmayan kurşunun düşük düzeyleri üreme, büyüme ve davranış değişikliklerine neden olmaktadır (Burden ve ark., 1998). Kurşun balıklarda büyüme ve eritrositlerde hem sentezinde görev alan δ aminolevulinik asit dehidrataz enzimi (Burden ve ark., 1998), lipid peroksidasyon enzimi (Campana ve ark., 2003), anemi rahatsızlığı ve ALAD (Delta aminolevulinik asid dehidrataz) enziminin (Ruparelia ve ark., 1989) inhibüsyonuna neden olduğu belirtilmiştir

Balıklar, akut ve kronik toksisite çalışmalarında geniş bir şekilde kullanılmakta olan hayvanlar olup, kirleticilere karşı hassasiyetlerinde farklılıklar

gösterdiği saptanmıştır (Croke ve McDonald, 2002). Farklı balık türlerinde ağır metallerin birikimlerinin ve aynı metale tepkilerinin farklı olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Hilmy ve ark., 1987; Erdem ve Kargın, 1992; Naddy ve ark., 2002). Kargın ve Erdem (1992) *Tilapia nilotica* ve *Cyprinus carpio* ile yaptıkları bir araştırmada *T. nilotica*'nın *C. carpio*'ya oranla bakıra karşı daha dirençli olduğunu belirlemiştir. Aynı kurşun derişimine bırakılan *C. carpio*'daki birikim , *T. nilotica*'ya oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır (Canlı ve Kargın, 1995). Farklı balık türlerinde ağır metallerin karşılaştırılması, balıkların ağır metallere dirençliliklerini ve ağır metal metabolizmalarını daha iyi anlamak için gereklidir.

Balıkların dokularında ağır metallerin birikimi, metalin alınımlı şekline, derişimine ve etki süresine bağılı olarak değışim göstermektedir. Metallerin toksik etkileri ve birikimleri dokuların işlevsel ve fizyolojik durumlarına bağılı olarak değışim göstermektedir (Campana ve ark., 2003). Çevresel kirleticilere duyarlılığı ve metabolizmada çok önemli rolü nedeniyle karaciğer, farklı balık türlerinde organik ve inorganik kirleticilerin toksik etkilerinin saptanmasında, üzerinde önemle durulan bir organdır (Segner, 1987; Kargın ve Erdem, 1991). Karaciğer ve solungaçlar bakır için hedef organlar olduğu bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Buckley ve ark., 1982; Colvin, 1984; Cogun ve Kargın, 2004). Metallerin tatlı su balıkları tarafından hızlı bir şekilde vücuda alınmasında, solungaçların üzerindeki biyolojik olarak aktif bölgelerin bulunmasından kaynaklandığı ileri sürülmektedir (McDonald ve ark., 2002). Balıklarda solungaçlar, solunumu sağlayan, iyon alınımlı ve homeostasisini sağlayan önemli bir dokudur (McDonald ve ark., 1989; Pelgrom ve ark., 1995a). Karaciğer ve böbrekler, organizmalarda ksenobiotikleri depolayan ve atılmasını sağlayan önemli organlardır. (Mazon ve Fernandez, 1999).

Akuatik organizmalarda ağır metallerin subletal etkilerinin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenebilmesi için balıkların, bu metallere karşı fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerinin araştırılması gerekmektedir (Campana ve ark., 2003). Canlı organizmalarda iyonlar, protein ve lipit gibi birçok birleşiklerin yapılarında bulunurlar, enzimatik reaksiyonlarda kofaktör olarak görev alırlar ve asit-baz dengesini sağlarlar. Ağır metaller hücre zarının geçirgenliğini değıştirmesi, birçok enzimatik reaksiyonda değışikliklere neden olması ve yaşamsal öneme sahip

inorganik katyonların düzeylerini değiştirmesiyle iyon dengesini bozmaktadır (Viarengo,1985; Suresh ve ark., 1995). Ağır metaller kemikli balıkların osmoregülatör sistemlerinde iyon taşınmasını baskı altında tutmakta (Olson ve ark., 1973; Thaker ve ark, 1996) ve bunun sonucu çeşitli organlarda yapısal hasarlar oluşturmaktadır. Balıklarda iyon regülasyonu, tüm çevre kirleticilerine karşı çok hassastırlar çünkü bu kirleticiler solungaçların iyon işlevlerini bozmasıyla ilk toksik etkilerini yapmaktadırlar (Croke ve McDonald, 2002). Balıklar suda bulunabilen metallere ilk ilişki kurduğu yer solungaçlar olduğundan solunum ve iyon düzenleyici membranları çok hassas olduğu saptanmıştır (Playle, 1998). Organizmalarda ağır metaller ile Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Mg^{++} gibi iyonların derişimleri arasında sıkı bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Astorga-Espana ve ark., 1999).

İyonlar, organizmada sadece osmotik dengenin korunmasında değil, aynı zamanda besinlerin barsak hücrelerine taşınmasında ve beyinde nörotransmitterlerin alınımında da önemli görevler yaparlar (Suresh ve ark., 1995). Tatlı su ortamlarında yaşayan balıklarda osmotik dengenin sürdürülebilmesi için Na^+ ve Cl^- iyonlarının alınması gereklidir. Na^+ ve Cl^- iyonlarının içeriye alınması engellenirse plazma osmolitesi bozulur ve bunun sonucunda kalbe yakın damarlardaki tıkanıklıklardan balık ölümleri meydana gelir (Hongstrand ve ark.,1999).

Balıklar gelişmiş bir osmoregüstasyon mekanizmalarına sahiptirler. Balıklar diğer omurgalılarla karşılaştırıldığında Ca^{++} homeostasisini gerçekleştirmek için gelişmiş bir Ca^{++} taşınma mekanizmasına sahiptir. Balıkların bu özelliği Ca^{++} taşınması için özelleşmiş olan solungaçlara sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Karasal omurgalıların aksine balıklar, plazmada Ca^{++} düzeyinde önemli farklılıklar göstermektedir. Bu farklılık sadece türler arasında değil aynı türün bireyleri arasında da önemli olduğu belirlenmiştir (Flik ve Verbost, 1993).

Tatlı su balıkları homeostasi için gerekli iyonları solungaçlarıyla almaktadırlar. Solungaçlarda iyon alınımı ile metaller arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Akuatik organizmaların solungaçlarında Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ ve Cl^- gibi iyonlar, bakır ile rekabete girdikleri sanılmaktadır (Schamphelaere ve Janssen, 2002).

Ağır metallerin etkisinde balıklarda osmoregüstasyondaki değişiklikler genellikle plazmada Na^+ , Ca^{++} , Cl^- ve K^+ iyonlarının ölçülmesiyle belirlenmektedir

(Heath, 1987). Ağır metaller düşük derişimlerinin etkisinde balıklarda plazma iyon bozuklukları oluşmaktadır (Pratap ve ark., 1989). Balıklarda plazma iyon kompozisyonunda değişiklikler bakır (Lauren ve McDonald, 1985), kadmiyum (Pratap ve ark., 1989) ve kurşun (Roger ve ark., 2003) gibi metallerin etkisinde gözlenmiştir. Bakır ve kurşunun subletal etkilerinde plazma, Na⁺, K⁺ ve Cl⁻ düzeyleri azalırken, Plazma Mg düzeylerinde bir artış gözlenmiştir (Lauren ve McDonald, 1985; Bjerregaard ve Vislie, 1986).

Tatlı su balıklarının vücut sıvıları, içersinde buldukları ortama göre hiperosmotiktir ve dış ortama iyon kaybı olmaktadır. Vücutta oluşan bu iyon kaybının karşılanabilmesi ise solungaç ve böbrek gibi dokularla sağlanmaktadır. Solungaçların monovalent iyonları, böbrekler ise multivalent iyonları salgıladıkları belirlenmiştir (Romao ve ark., 2001).

Solungaçlar balık ve su arasındaki ilişkiyi sağlayan yer olması bakımından çok önemlidir. Balığın vücudunu örten deriden 10-60 kez daha geniş bir yüzeye sahiptir (Flik ve Verbost, 1993). Solungaçlardaki geniş yüzey alanı onların gaz ve iyon değişiminde önemli rollerinin olduğunu göstermektedir. Balıklar iyon alınımını iki organdan gerçekleştirirler. Bunlardan biri iyonların taşınmasında görev yapan hücreleri veya klorid hücrelerini bol miktarda içeren solungaçlar, diğeri ise bağırsaklardır (Flik ve Verbost, 1993).

Bakır ve kurşunun düşük derişimleri balıklarda Ca⁺⁺ homeostasisin bozulmasına (Viarengo, 1994), çeşitli dokularda iyon regülasyonunda değişikliklere (McGeer ve ark., 2000; Roger ve ark., 2003), plazma iyon konsantrasyonlarında dengesizliğe (Lauren ve McDonald, 1985) ve osmoregülasyon kapasitesinde değişikliklere (Lauren ve McDonald, 1987) neden olduğu gösterilmiştir. Lauren ve McDonald (1985) *Salmo gairdneri*'de Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının derişimlerindeki azalmanın bakırın etkisiyle ilişkili olduğunu saptamışlardır. *Oncorhynchus mykiss*'de kurşunun Na⁺ ve Cl⁻ alınımını önemli ölçüde engellediği belirtilmiştir (Roger ve ark., 2003). Aynı araştırmacılar kurşunun solungaçlarda Ca⁺⁺ alınımı ile rekabete girerek hipokalseminin oluşumuna ve bunun sonucunda balık ölümlerine neden olduğunu belirlemişlerdir. Kadmiyumun letal ve subletal etkileri *C.carpio*'nun kaslarında Na⁺, K⁺ ve Cl⁻ iyonlarında değişikliklere neden olmuştur.(Suresh ve ark., 1995). AgNO₃

etkisine bırakılan *O. mykiss*'de solungaçlarda Na^+ ve Cl^- iyonlarının alınımının engellenmesi nedeniyle iyon ve sıvı hacminde bozuklukların olduğu, kanın yoğunlaştığı ve dolaşımında aksaklıkların meydana geldiği saptanmıştır (Wood ve ark., 1996). Morgan ve ark., (1997) $10 \mu\text{gL}^{-1}$ gümüşün etkisine bırakılan *O. mykiss*'de solungaçlarda Na^+ alınımının %40'nın engellendiği, plazmada Na^+ ve Cl^- iyonlarının 6 gün sonra azaldığını saptamışlardır.

Balıklarda iyon dengesi endokrin sistemin kontrolü altındadır. Hormonlar, ağır metallerin etkisiyle oluşan iyon bozukluğuna zıt tepki göstererek osmoregülasyonda önemli bir rol oynamaktadır (Fu ve ark., 1989). Kortizol, tatlı su balıklarında iyon kontrolünü sağlayan önemli hormonlardan biri olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Flik ve Perry, 1989; Fu ve ark., 1989).

Bu çalışmada; 10, 20 ve 30 günlük sürelerle bakır ve kurşunun farklı derişimlerine bırakılan *O. niloticus* ve *C. carpio*'nun karaciğer, böbrek, solungaç ve kas dokularında metal birikiminin karşılaştırılmalı olarak incelenmesi ve metallerin, bu dokular ile serumdaki iyon düzeyleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Metal Birikimi

Reichert ve ark. (1979), kurşunun etkisine bırakılan *Oncorhynchus kisutch*'da solungaç, karaciğer ve böbreklerde yüksek düzeyde birikim olduğunu belirtmişlerdir.

Colvin (1984), *Perca fluviatilis*'de solungaç ve karaciğerde bakır birikiminin vücut büyüklüğü ile ilişkisinin belirlenmesi ile ilgili yapılan bir araştırmada, bakır birikiminin küçük balıklarda büyüklere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Felts ve Heath (1984), *Lepomis macrochirus*'da farklı sıcaklıklarda bakır birikimi çalışmalarında sıcaklık artışına bağlı olarak dokulardaki bakır birikiminde arttığı belirtilmiştir.

Viarengo ve ark. (1988), *Mytilus galloprovincialis*'de bakır alınımına ortamın sıcaklık, tuzluluk, oksijen gibi fiziksel ve kimyasal faktörlerin etkili olduğunu saptamışlardır.

Legorburu ve ark. (1988), Unola nehirinde avladıkları *Anguilla anguilla*, *Chelon labrosus* ve *Salmo trutta*'da metal birikimi ile ilgili yaptıkları bir araştırmada *A. anguilla*'da Al, Fe ve Mn gibi metaller solungaçlarda yüksek düzeylerde biriktiği, Cd ve Cu'nun ise karaciğerde biriktiğini saptamıştır. *C. labrosus* ve *S. trutta*'da metal birikiminin daha az olduğu saptanmıştır.

Erdem ve Kargın (1990), farklı ortam derişimlerine bıraktıkları *T. nilotica*'da doku ve organlardaki bakır birikimin, ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak arttığı ve en fazla birikimin dalakta, en az birikimin ise kasta olduğu gözlemlenmişlerdir.

Kargın ve Erdem (1991), *C. carpio*'da bakırın karaciğer, dalak, mide, barsak, solungaç ve kas dokularındaki birikimlerinin ortam derişimlerine ve etkide kalma süresine bağlı olarak arttığını saptamışlardır.

Tulasi ve ark. (1992), bir tatlı su balığı olan *Anabas testidunes*'de kurşun birikimi ile ilgili yapılan bir araştırmada solungaç ve karaciğerde yüksek düzeyde kurşun birikimi belirlerken, kas dokusunda ise birikimin çok düşük olduğunu saptamışlardır.

Kargın (1996), *Mullus barbatus* ve *Sparus auratus*'da çeşitli metallerin karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki birikimi ile ilgili çalışmasında her iki türde de bakır birikiminin en fazla karaciğerde olduğunu bunu solungaçlar ve kas dokusunun izlediğini belirtmiştir.

Anderson ve ark. (1997), *Procambarus clarkii*'de kurşun birikimi ile yaptıkları bir araştırmada, dokularda kurşun birikiminin derişim ve süreye bağılı olarak arttığını belirlemişlerdir.

Mazon ve Fernandez (1999), *Prochilodus scrofa*'da bakırın LC₅₀ değeri ve birikiminin belirlenmesi ile ilgili yaptıkları bir araştırmada, en yüksek metal birikiminin karaciğerde saptandığı, bunu barsak ve böbreklerin izlediğini belirlemişlerdir.

Al-Yousuf ve ark. (2000), *Lethrinus lentjan* türünde eşey ve vücut büyüklüğüne bağılı olarak karaciğer, deri ve kas dokusunda ağır metallerin düzeylerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, dişi bireylerde erkeklere oranla daha fazla metal biriktiğini saptamışlardır. Vücut büyüklüğüne bağılı olarak metal birikiminin ise metalin cinsine bağılı olarak değışim gösterdiğini belirtmişlerdir.

Hollis ve ark. (2001), 30 gün süreyle bakırın etkisine bırakılan *O. mykiss*'de en yüksek bakır birikiminin karaciğerde olduğu, bunu böbrek ve solungaçların izlediğini belirtmişlerdir.

Cogun ve ark. (2003). Farklı boy ve ağırlıktaki *O. niloticus*'un solungaç, karaciğer ve kas dokularında bakır ve kadmiyum düzeylerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, birikimin metalin cinsine ve derişimine, buna ek olarak balığın boy ve ağırlığına göre değışiklik gösterdiğini saptamışlardır.

Roger ve ark. (2003), *O. mykiss*'de kurşunun akut toksik mekanizması ile ilgili yaptıkları bir araştırmada diğerk dokularda kıyaslandığında solungaçların kurşunun toksik etkisinde hedef organ olduğunu ve birikimin yüksek düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Cogun ve Kargın (2004), farklı pH ve bakır ortam derişimlerine bıraktıkları *O. niloticus*'da bakırın karaciğer ve solungaç dokularında birikimi ve mortalite üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar düşük pH düzeylerinde bakır birikiminin diğerk pH düzeylerine göre yüksek olduğunu saptamışlardır.

2.2. İyon Düzeyi

Sjöbeck ve ark. (1984), *P. fluviatilis*'de Cd'un biyokimyasal ve hematolojik parametrelere etkileriyle ilgili yaptıkları araştırmada, Cd'un doku ve serumda K^+ , Ca^{++} ve Mg^{++} iyon düzeylerine etkilerinin önemli olduğunu belirlemişlerdir.

Spry ve Wood (1984), kısa süre Zn etkisine bıraktıkları *S. gairdneri*'de solungaçlarda hasarların oluştuğu, serum Na^+ , K^+ ve Cl^- iyon düzeylerinde değişikliklerin olduğu saptanmıştır.

Bjerregaard ve Vislie (1985), letal civa derişimlerinin *Carcinus maenas*'da hemolenf osmolaritesi ve Na^+ , K^+ ve Cl^- düzeylerini azaltmıştır. Araştırmacılar bu azalmanın solungaçlarda Na^+/K^+ -ATPaz aktivitesinin inhibasyonuna ve solungaçların iyon geçirgenliğindeki artıştan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Lauren ve McDonald (1985), bakırın etkisine bırakılan *S. gairdneri*'de derişime bağılı olarak solungaç iyon regulasyonunun bozulduğu ve serum Na^+ , K^+ ve Cl^- iyonlarının azaldığını gözlemlemişlerdir.

Bjerregaard ve Vislie (1986), *C. maenas*'da bakırın hemolenf osmolaritesi ve Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Cl^- ve Mg^{++} iyon düzeylerine mevsimsel etkisini incelemişlerdir. Bu iyon düzeylerinin bakırın etkisinde mevsimsel olarak değişiklik gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Gunn ve Noakes (1987), aliminyumun etkisine bırakılan *Salvelinus namaychus*'da iyon regulasyonunun bozulması nedeni ile intraseluler elektrolitler (Ca^{++} ve K^+) olumsuz etkilenmiş, ekstra seluler iyonların (Na^+ ve Cl^-) kaybının çok fazla olduğu belirlenmiştir.

Johnson (1988), *Crangon crangon* ve *C. maenas*'da Cu ve Zn'un iyon düzeylerine etkisi ilgili çalışmalarında her iki türde de hemolenf Na^+ ve Cl^- düzeylerinin belirgin bir şekilde azaldığını bunun sonucunda da iyon regulasyonunun bozulduğunu belirlemişlerdir.

Dietrich ve Schlatter (1989), Al ve pH'nın etkisine bırakılan *S. gairdneri*'de Al'un solungaç epitelinde enzimlerle rekabete girdiği ve özellikle iyonların taşınmasında görev yapan Na^+-K^+ ATPaz aktivitesini engelleyerek iyon kaybına neden olduğu belirtmişlerdir.

Pratap ve ark. (1989), *O. mossambicus*'da Cd'un serum iyonlarına etkileri ile ilgili çalışmalarında serum iyon düzeylerinin değiştiğini belirtmişlerdir.

Singh ve Reddy (1990), *Heteropneustes fossilis*'de bakır sülfatın fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkileriyle ilgili yaptıkları çalışmada, kan parametrelerinde Na^+ , ve K^+ düzeylerinde artışın olduğunu saptamışlardır.

Wood ve ark. (1990), yüksek Al derişimlerine bırakılan *S. fontinalis*'de vücut Na^+ , K^+ ve Cl^- düzeylerinin yüksek derişimlerde oldukça azaldığını saptamışlardır.

Munoz ve ark. (1991), düşük bakır derişimlerine bıraktıkları *O. mykiss*'de bazı biyokimyasal parametreleri incelemişlerdir. Plazma kortizol ve Na^+ düzeylerinin ilk bir saat içerisinde hızla arttığını saptamışlardır.

Wilson ve Wood (1992), *O. mykiss*'de iyon regulasyonu bozulmuş ve Al solungaç membranlarında Ca^{++} ile rekabete giderek alınımını engellemiştir. Al'un etkisinde vücut Na^+ ve Cl^- kaybı iki kat kadar arttığı belirlenmiştir.

Nussey ve ark. (1995), bakırın kısa ve uzun süreli etkisine bırakılan *O. mossambicus*'da serum Na^+ iyon düzeyi bakırın kısa süreli etkisinde her hangi bir değişiklik göstermemiş, uzun süreli etkide kalmada ise Na^+ ve Cl^- iyon düzeylerinde bir azalma, K iyon düzeyinde ise bir artışın olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar K iyon düzeyindeki bu artışın, Na^+ iyonundaki azalma nedeni ile intrasellüler sıvıda osmotik farklılıklardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Pelgrom ve ark. (1995a), bakırın etkisine bırakılan *O. mossambicus*'da solungaç iyon regulasyonunun bozulduğu, serum Na^+ ve Cl^- iyon düzeylerinde bir azalmanın olduğunu belirtmişlerdir.

Pelgrom ve ark. (1995b), *O. mossambicus*'da bakır, kadmiyum ve bunların karışımlarının iyon düzeylerine etkisi ile ilgili yapılan bir çalışmada, Cu ve Cd'un serum Na^+ ve Cl^- iyon düzeylerinde bir azalmaya neden olduğu, Cd'un yalnız başına etkisinde kalmada ise balıklarda serum Ca^{++} düzeyinin azaldığı belirtilmiştir.

Morgan ve ark. (1997), AgNO_3 'un etkisine bırakılan *O. mykiss*'de solungaç Na^+ ve Cl^- regulasyonu bozulduğu, Na^+ ve Cl^- iyonlarının solungaçlarda alınımı AgNO_3 tarafından inhibe ettiği, balıklarda 2 mgL^{-1} AgNO_3 'un etkisinde plazma Na^+ iyon düzeyi % 16 azalırken, 10 mgL^{-1} ise % 28 azaldığı belirtilmiştir.

Wang ve ark. (1998), *O. mykiss*'de bakırın etkisinde plazma Na^+ ve Cl^- düzeyi kontrole göre azalırken, plazma K^+ düzeyi artmıştır. Bakır solungaçlarda Na^+/K^+ -ATPaz etkileyerek Na^+ alınımını engellediği belirtilmiştir.

Hongstrand ve ark. (1999), *Platichthys stellatus*'da gümüşün plazma iyon düzeylerine etkisinin belirlenmesi ile ilgili yapılan bir araştırmada plazma Na^+ ve Cl^- düzeyinin azaldığı belirlenmiştir. Na^+ ve Cl^- düzeyindeki bu azalma nedeniyle Na^+/K^+ -ATPaz aktivitesinin arttığı belirtilmiştir.

McGeer ve ark. (2000), Cu, Cd ve Zn etkisine bırakılan *O. mykiss*'de Cd'un etkisinde dokularda ciddi hasarlar ve Na^+ ve Ca^{++} düzeylerinde azalmalar gözlenmiştir. Zn'un etkisinde vücut Ca^{++} ve Na^+ düzeylerinde değişikliklere neden olmuştur. Buna ek olarak Cu ve Cd karbonik anhidraz enziminin aktivitesinin inhibe ettiği belirtilmiştir.

Cerqueira ve Fernandes (2002), bakırın etkisine 96 saat bırakılan *P. scrofa* daha sonra temiz suya bırakılarak biyokimyasal parametreleri incelenmiştir. Temiz suya bırakılan balıklarda 7. günde plazma Na^+ ve Cl^- düzeylerinde bir azalma, K^+ da ise bir artma gözlenmiştir.

Pane ve ark. (2003), nikelin etkisine bırakılan *O. mykiss*'de solungaç ve kas dokusu Na^+ düzeyleri kontrol balıklarına göre pek değişmemiştir. Plazma Na^+ ve Ca^{++} iyonları nikelden hiç etkilenmemiş, Cl^- ve Mg^{++} düzeylerindeki değişikliğinin önemli olmadığı belirtilmiştir.

Roger ve ark. (2003), kurşunun etkisine bırakılan *O. mykiss*'de plazma Ca^{++} düzeyi oranında azalırken Mg^{++} düzeyi % 36 oranında artış göstermiştir. Buna ek olarak plazma ve solungaçlarında Na^+ ve Cl^- düzeylerindeki azaldığı belirtilmiştir. Kurşunun etkisiyle plazmada Ca^{++} 'un azalması hipokalsemiyaya neden olmuştur.

3. MATERYAL VE METOD

Bu araştırmada kullanılan *O. niloticus* Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından; *C. carpio* ise D.S.İ. işletmesinden alınmış ve iki ay süre ile 40X120X40 cm boyutlarındaki on dört stok akvaryum içersinde laboratuvar koşullarına adaptasyonları sağlanmıştır. Balıklardan *O. niloticus* bu sürenin sonunda 14.72 ± 0.44 cm boy ve 37.87 ± 1.19 g ağırlığa ulaşmışlardır. *C. carpio* ise 15.03 ± 0.23 cm boy ve 38.77 ± 2.53 g. ağırlığa ulaşmışlardır.

Deneyler 25 ± 1 °C sıcaklıkta yürütölmüş, akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış ve günde sekiz saat aydınlanma (8 saat gündüz / 16 saat gece) periyodu uygulanmıştır. Balıklar, günde iki kez olmak üzere balık ağırlığının % 1'i kadar hazır balık yemi (Pınar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmişlerdir.

Deney süresince ortam suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda verilmiştir.

Toplam sertlik: 268.81 ± 0.29 ppm CaCO₃

pH: 8.42 ± 0.02

Çözönmüş Oksijen: 7.21 ± 0.09 mg/ L

Deneyler, incelenecek metaller esas alınarak her bir tür için iki seri olarak yürütölmüştür. Her tür birinci seride 10, 20 ve 30 gün sürelerde bakırın 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 mg.L⁻¹ derişimlerine, ikinci seride kurşunun aynı ortam derişimlerine bırakılmıştır

Deneylerde her bir seride 40X120X40 cm. boyutlarında olan ve her birinin içersinde 18 balık bulunan 5 cam akvaryum kullanılmıştır. Birinci seride bu akvaryumlardan dördüne 120'şer litre 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 mg.L⁻¹ bakır çözeltileri, ikinci seride aynı ortam derişimlerinde kurşun çözeltileri konulmuştur. Her seride beşinci akvaryum kontrol olarak kullanılmıştır. Deneyler üç tekrarlı olarak yürütölmüştür ve her tekrarda iki balık kullanılmıştır.

Deney ortamında metallerin derişiminin zamana bağlı değişimler olabileceği için deney boyunca akvaryum suları ve metallerin derişimleri iki günde bir

değiştirilmiştir. Kullanılan metaller $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (Merck) ve PbCl_2 (Merck) olup deney boyunca çözeltinin akvaryumda homojen dağılması ve çökelmeyi önlemek için tri-sodyum sitratla ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Merck) birlikte çözeltiler deiyonize su ile taze hazırlanmıştır. Bu hazırlanan çözeltiden uygun derişimler uygun seyreltmelerle akvaryumlara uygulanmıştır.

Her deney süresi bitiminde balıklar MS-222 (Etil ester 3-amino benzoik asit) ile 0.1gL^{-1} çözeltisi hazırlanarak balıklara genel anestezi uygulanarak bayıltılmıştır (Hawkins., 1981). Daha sonra çeşme suyu ile iyice yıkanmış ve kurutma kağıdı ile yüzeylerinde bulunan su damlacıkları alınmıştır. Bayılan balıkların kaudal yüzgeçleri kesilerek her tekrar için iki balıktan yaklaşık 2 ml kan eppendorf tüplere alınmıştır. Eppendorf tüplere alınan kan örnekleri 10 dakika 4000 devirde santrifüjlenmiştir (Bricknell ve ark., 1999). Alınan serum örnekleri $-20\text{ }^\circ\text{C}$ derecede deney süreleri bitinceye kadar bekletilmiştir. Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Cl^- ve iyonize Ca^{++} düzeylerini belirlemek için Ç. Ü. Balcalı Hastahanesi Merkez laboratuvarında İntegra 800 marka aletle iyonların düzeyleri belirlenmiştir.

Balıklardan kan örnekleri alındıktan sonra balıkların kas, solungaç, karaciğer ve böbrek dokularının diseksiyonu yapılmıştır. Daha sonra doku ve organlar etüvde $150\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 48 saat süreyle kurumaya bırakılmışlardır. Kuru ağırlıkları belirlenen doku ve organlar deney tüplerine aktarılarak üzerlerine 2 mL. nitrik asit (Merck, % 65, Ö. A. : 1.40) ve 1 mL. perklorik asit (Merck, % 60, Ö. A. :1.53) eklenmiş (Muramoto, 1983) ve çeker ocakta $120\text{ }^\circ\text{C}$ ' de 3 saat süreyle yakılmıştır. Yakımı tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktarılmış ve üzerleri deiyonize su ile 5 mL.' ye tamamlanarak bakır ve kurşun analizine hazır hale getirilmiştir.

İncelenecek dokulardaki bakır ve kurşun birikim düzeyleri 5 mL'ye tamamlanan örneklerden Na^+ , K^+ , Mg^{++} ve Ca^{++} iyon düzeyleri ise her balık türünün doku çeşidi ve kuru ağırlığına bağlı olarak bu örneklerden uygun seyreltmeler yapıldıktan sonra belirlenmiştir

Doku ve organlardaki bakır ve kurşun analizleri Perkin Elmer AS 3100 Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile saptanmıştır. Ca^{++} ve Mg^{++} derişimleri Perkin Elmer AS 3100 Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile belirlenirken, Na^+ ve K^+ derişimleri ise Philips PU 9100X marka Atomik Absorbsiyon

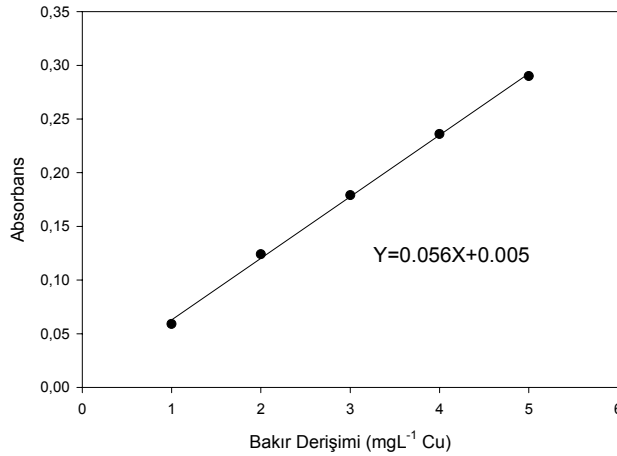
Spektrofotometresi ile (sodyum 589.0 nm ve potasyum 766.5 nm dalga boylu emilsiyonla) elde edilen derişimlerden belirlenmiştir.

Deneylerden elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 10.0 bilgisayar programı kullanılarak “Regresyon analizi” ve “ Student-Newman Keul’s Test (SNK)” testleri uygulanarak yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. BAKIR BİRİKİMİ

O. niloticus ve *C. carpio* dokularında bakır düzeylerini saptamak amacıyla bakır standartları ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.1). Bakır standartlarının absorbans değerlerinden $Y=0.056X+0.005$ formülü elde edilmiştir. Burada X bakır derişimini, Y absorbansı göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki bakır düzeyleri bu regresyon formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Bakır derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.

4. 1. 1. *O. niloticus*'da Bakır Birikimi

O. niloticus 'da belirlenen derişim ve sürelerde bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan bakır düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları izelge 4.1-4.3'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı derişimde bakır birikimi bakımından dokular arasındaki ayırımı belirlemek, aynı Şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki bakır birikimine etkisini belirlemek amacı ile veriler SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve

sonuçlar izelge 4.1-4.3’de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

O. niloticus’da 10 gün sonunda kas ve solungaç dokularının 1.0 ve 5.0 mgL^{-1} ortam derişimleri ile böbrek dokusunun 0.1 ve 0.5 mgL^{-1} ortam derişimleri dışındaki tüm ortam derişimlerinde dokularda bakır birikimi bakımından önemli istatistik ayırım bulunmuştur (izelge 4.1; SNK, $P < 0.01$). Bu süre sonunda ortamdaki bakır birikimi arttıa tüm dokularda bakır birikiminin de arttığı saptanmıştır. En yüksek ve en düşük derişimler arasında böbrek ve kas dokusunda 3, karaciğerde 2.5 ve solungaçlarda ise 2 katlık bir artış gözlenmiştir.

Çizelge 4.1. *O. niloticus* ‘da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	$0.56 \pm 0.04 \text{ xa}$	$3.42 \pm 0.22 \text{ xb}$	$5.25 \pm 0.24 \text{ xc}$	$8.71 \pm 0.51 \text{ xd}$	$9.59 \pm 0.55 \text{ xd}$
Solungaç	$0.53 \pm 0.17 \text{ xa}$	$9.49 \pm 0.73 \text{ xb}$	$13.45 \pm 1.41 \text{ yc}$	$18.15 \pm 0.3 \text{ yd}$	$19.38 \pm 1.24 \text{ yd}$
Böbrek	$4.94 \pm 0.74 \text{ ya}$	$22.49 \pm 0.50 \text{ yb}$	$26.79 \pm 0.6 \text{ zb}$	$52.46 \pm 1.70 \text{ zc}$	$68.20 \pm 2.91 \text{ zd}$
Karaciğer	$8.65 \pm 0.84 \text{ za}$	$155.2 \pm 6.58 \text{ zb}$	$206.3 \pm 2.92 \text{ tc}$	$314.5 \pm 3.28 \text{ td}$	$335.4 \pm 1.56 \text{ te}$

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

O. niloticus ‘da 20. gün sonunda, solungaç dokusu için 0.5 ve 1.0 mgL^{-1} ile kas dokusu için 1.0 ve 5.0 mg/L ortam derişimleri hariç ortamda bulunan bakır derişimi arttığıa bakır birikiminde de önemli düzeylerde artma gözlenmiştir (izelge 4.2). Bu artış denenen doku ve organlarda tüm derişimlerde istatistik önem taşımaktadır (izelge 4.2; SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.2. *O. niloticus* ‘da farklı ortam derişimlerinde 20. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{gCu/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	0.56 \pm 0.07 xa	5.65 \pm 0.36 xb	8.04 \pm 0.52 xc	9.51 \pm 0.29 xd	10.26 \pm 0.10 xd
Solungaç	0.61 \pm 0.04 xa	9.93 \pm 0.04 xb	18.43 \pm 0.32 yc	21.51 \pm 0.32 yc	30.74 \pm 3.70 yd
Böbrek	5.95 \pm 0.71 ya	54.16 \pm 1.36 yb	64.26 \pm 2.38 zc	72.78 \pm 1.48 zd	150.6 \pm 0.50 ze
Karaciğer	11.13 \pm 0.67 za	197.6 \pm 7.79 zb	248.5 \pm 0.23 tc	318.0 \pm 1.31 td	384.5 \pm 2.42 te

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

O. niloticus ‘da 30. günlük süre sonunda ortamdaki bakır derişimi arttıkça tüm dokulardaki bakır birikiminde önemli düzeyde artış belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Tüm dokularda denenen tüm derişimler arasındaki ayırım istatistiksel olarak önemlidir (Çizelge 4.3; SNK, $P<0.01$).

Çizelge 4.3. *O. niloticus* ‘da farklı ortam derişimlerinde 30. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	0.57 \pm 0.04 xa	5.04 \pm 0.50 xb	8.30 \pm 0.32 xc	10.17 \pm 0.17 xd	12.27 \pm 0.30 xe
Solungaç	0.56 \pm 0.29 xa	16.3 \pm 0.62 yb	24.32 \pm 0.40 yc	31.43 \pm 0.62 yd	36.03 \pm 0.31 ye
Böbrek	5.49 \pm 0.53 ya	73.70 \pm 0.46 zb	80.26 \pm 1.67 zc	90.90 \pm 0.87 zd	161.3 \pm 0.30 ze
Karaciğer	8.92 \pm 0.84 za	212.0 \pm 1.01 tb	277.0 \pm 3.64 tc	365.3 \pm 2.39 td	456.6 \pm 0.97 te

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

Solungaçlarda biriken bakır tüm derişimlerde etkide kalma süresinin artışıyla artmıştır. 30. gün süre sonunda 10. güne oranla hemen tüm derişimlerde yaklaşık 2 katlık bir artış meydana gelmiştir (şekil 4.2 A).

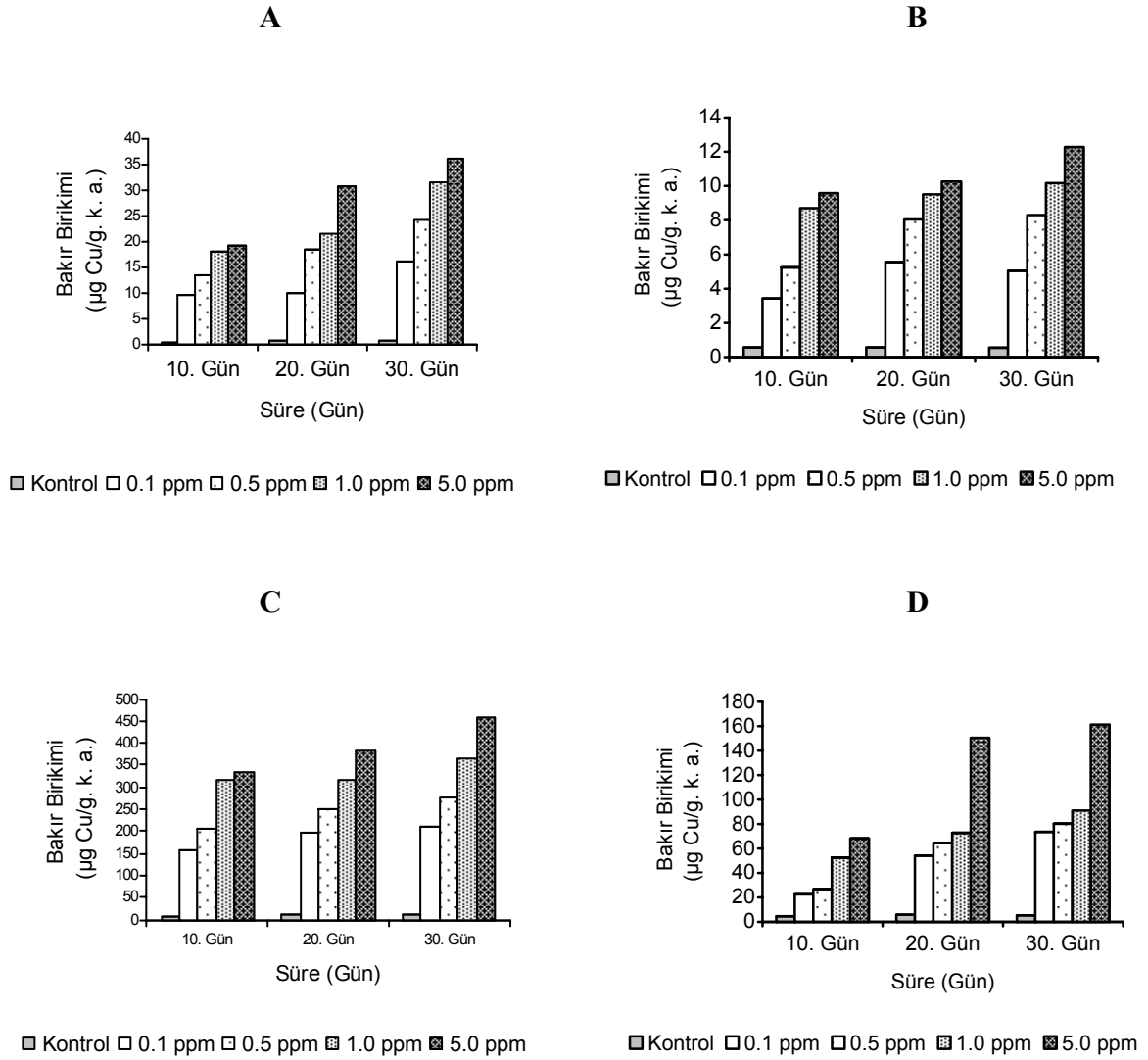
O. niloticus'un kas dokusundaki bakır birikimi tüm derişimlerde etkide kalma süresinin uzamasıyla artmıştır. Fakat bu artış genelde düşük düzeyde olmuştur. Kas dokusundaki bakır birikimi diğer dokulara göre oldukça düşük olduğu saptanmıştır (şekil 4.2 B).

Karaciğerde biriken bakır miktarı tüm ortam derişiminlerinde 10. güne oranla 30. günde oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm süre ve derişimlerde doku ve organlar arasında en fazla birikimin karaciğerde olduğu saptanmıştır. Sürenin artışıyla hemen tüm ortam derişimlerinde karaciğerde biriken bakır miktarının oldukça arttığı belirlenmiştir (şekil 4.2 C).

Böbreklerde tüm ortam derişimlerinde süre arttığa bakır birikiminin de arttığı gözlenmiştir. Bakır birikiminin 0.1 ve 0.5 mgL⁻¹ ortam derişimlerinde 10. güne oranla 30. gün sonunda yaklaşık 2.5 kat kadar arttığı saptanmıştır (şekil 4.2 D).

O. niloticus'da denenen tüm süre ve ortam derişimlerinde, bakır biriktirme bakımından doku ve organlar arasında önemli istatistik ayrım vardır. Bakır en fazla karaciğerde birikmiş, bunu sırasıyla böbrek, solungaç ve kas dokusu izlemiştir.

O. niloticus'da aynı ortam derişiminde, etkide kalma süresi arttığa kas, karaciğer, böbrek ve solungaç dokusundaki bakır birikiminin de arttığı saptanmıştır (şekil 4.2). Sürenin uzaması ile doku ve organlardaki bakır birikimi de artmaktadır.



Şekil 4.2. *O. niloticus*'da bakırın farklı dokulardaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).

4. 1. 2. *C. carpio*'da Bakır Birikimi

C. carpio'da bakırın denenen tüm derişimlerinde ve belirlenen süreler sonunda canlı kalan ve ölen balık sayıları Çizelge 4.4'de verilmiştir. 5.0 mgL⁻¹'de ortam derişiminde balıkların tamamı 20 gün içerisinde ölmüŐtür. 1.0 mgL⁻¹ ortam derişiminde ise 30. gün sonunda tüm balıkların öldüğü gözlenmiştir.

C. carpio'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan bakır düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.5-4.7'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı derişimde bakır birikimi bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki bakır birikimine etkisini belirlemek amacı ile veriler SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.5-4.7'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

Çizelge 4.4. Ortam bakır derişimi ve etkide kalma süresinin *C. carpio*'da mortalite üzerine etkisi.

	SÜRE (gün)					
	10		20		30	
Derişim (mgL^{-1})	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü
0.1	6	0	6	0	6	0
0.5	6	0	6	0	6	0
1.0	6	0	6	0	0	6
5.0	6	0	0	6	-	-

10 günlük süre sonunda *C. carpio*'da, ortamda bulunan bakır derişimi arttıkça tüm doku ve organlardaki bakır düzeyinde de önemli oranlarda artma gözlenmiştir (Çizelge 4.5; SNK, $P<0.01$). En yüksek birikimin karaciğerde, en düşük birikimin ise kas dokusunda olduğu gözlenmiştir

Çizelge 4.5. *C. carpio*'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. xa	8.39 \pm 0.1 xb	13.80 \pm 0.22 xc	18.9 \pm 0.19 xd	40.95 \pm 0.55 xe
Solungaç	D.A. xa	17.21 \pm 0.10 yb	31.20 \pm 0.92 yc	42.1 \pm 0.70 yd	74.88 \pm 1.97 ye
Böbrek	D.A. xa	27.73 \pm 0.27 zb	33.53 \pm 0.18 zc	61.4 \pm 1.05 zd	81.08 \pm 0.46 ze
Karaciğer	2.24 \pm 0.01 ya	174.6 \pm 2.05 tb	211.7 \pm 0.65 tc	335.2 \pm 1.95 td	381.2 \pm 1.82 te

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

C. carpio'da 20 günlük süre sonunda bakır biriktirme bakımından doku ve organlar arasındaki ayırım istatistiksel olarak önemlidir (Çizelge 4.6; SNK, $P < 0.01$). Ortam derişiminde 10 katlık bir artış solungaç dokusunda bakır birikiminde 2.5 katlık bir artışa neden olmaktadır.

C. carpio'da 30 günlük süre sonunda ortamda bulunan bakır derişimi arttıkça tüm dokulardaki bakır düzeyinde arttığı saptanmıştır. Bu artış tüm doku ve derişimler arasında istatistik önem taşımaktadır (Çizelge 4.7; SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.6. *C. carpio*'da farklı ortam derişimlerinde 20. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})			
	0.0	0.1	0.5	1.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. xa	13.11 ± 0.42 xb	17.15 ± 0.34 xc	22.41 ± 0.36 xd
Solungaç	D.A. xa	23.55 ± 0.71 yb	35.41 ± 1.59 yc	54.18 ± 1.13 yd
Böbrek	D.A. xa	64.32 ± 1.16 zb	74.47 ± 0.68 zc	88.33 ± 0.41 zd
Karaciğer	1.57 ± 0.25 ya	208.3 ± 0.53 tb	255.9 ± 0.68 tc	376.8 ± 0.49 td

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

Çizelge 4.7. *C. carpio*'da farklı ortam derişimlerinde 30. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})		
	0.0	0.1	0.5
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. xa	16.78 ± 0.39 xb	21.03 ± 0.43 xc
Solungaç	D.A. xa	33.55 ± 1.35 yb	38.55 ± 0.11 yc
Böbrek	D.A. xa	78.22 ± 2.25 zb	92.02 ± 0.11 zc
Karaciğer	4.31 ± 0.06 ya	403.6 ± 2.25 tb	423.6 ± 1.06 tc

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

C. carpio'da belirli bir ortam derişiminde etkide kalma süresi arttıkça tüm doku ve organlardaki bakır birikiminin de arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.3). Sürenin uzaması ile dokulardaki bakır birikiminin de arttığı saptanmıştır.

C. carpio'nun solungaçlarındaki bakır düzeyi denenen tüm ortam derişimlerinde etkide kalma süresinin artışı ile arttığı belirlenmiştir. 0.1 mgL⁻¹ ortam derişiminde 30 günlük süre sonunda biriken bakır miktarı 10. güne oranla yaklaşık 2 kat kadar olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3 A). Kas dokusunda bakır birikimi sürenin uzamasıyla arttığı belirlenmiştir. 10. güne oranla 30. gün sonunda 0.1 mgL⁻¹ ortam derişimindeki bakır birikimi yaklaşık olarak 2.5 kat artmıştır (Şekil 4.3 B). Diğer doku ve organlarla kıyaslandığında kas dokusundaki bakır birikiminin genelde düşük olduğu gözlemlenmiştir. *C. carpio*'da karaciğerde 0.5 mgL⁻¹ ortam derişiminde 10. güne oranla 30. gün sonunda bakır birikimi yaklaşık 2 katlık bir artış gösterdiği saptanmıştır. Genelde sürenin uzamasıyla hemen tüm derişimlerde karaciğerde bakır düzeyi yükselmiştir (Şekil 4.3 C). Doku ve organlar arasında en yüksek bakır birikiminin karaciğerde olduğu saptanmıştır.

Böbreklerde bakır düzeyi denenen tüm ortam koşullarında sürenin uzamasıyla arttığı saptanmıştır. 0.1 ve 0.5 mgL⁻¹ ortam derişimlerinde 10. güne oranla 30. gün sonunda bakır birikiminin yaklaşık olarak 3 kat kadar arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.3 D). *C. carpio*'da çalışılan tüm koşullarda bakır birikimi bakımından doku ve organlar arasında önemli istatistik ayrım vardır. En yüksek düzeyde bakır birikiminin karaciğerde olduğu, bunu sırasıyla böbrek, solungaç ve kas dokusunun izlediği saptanmıştır.

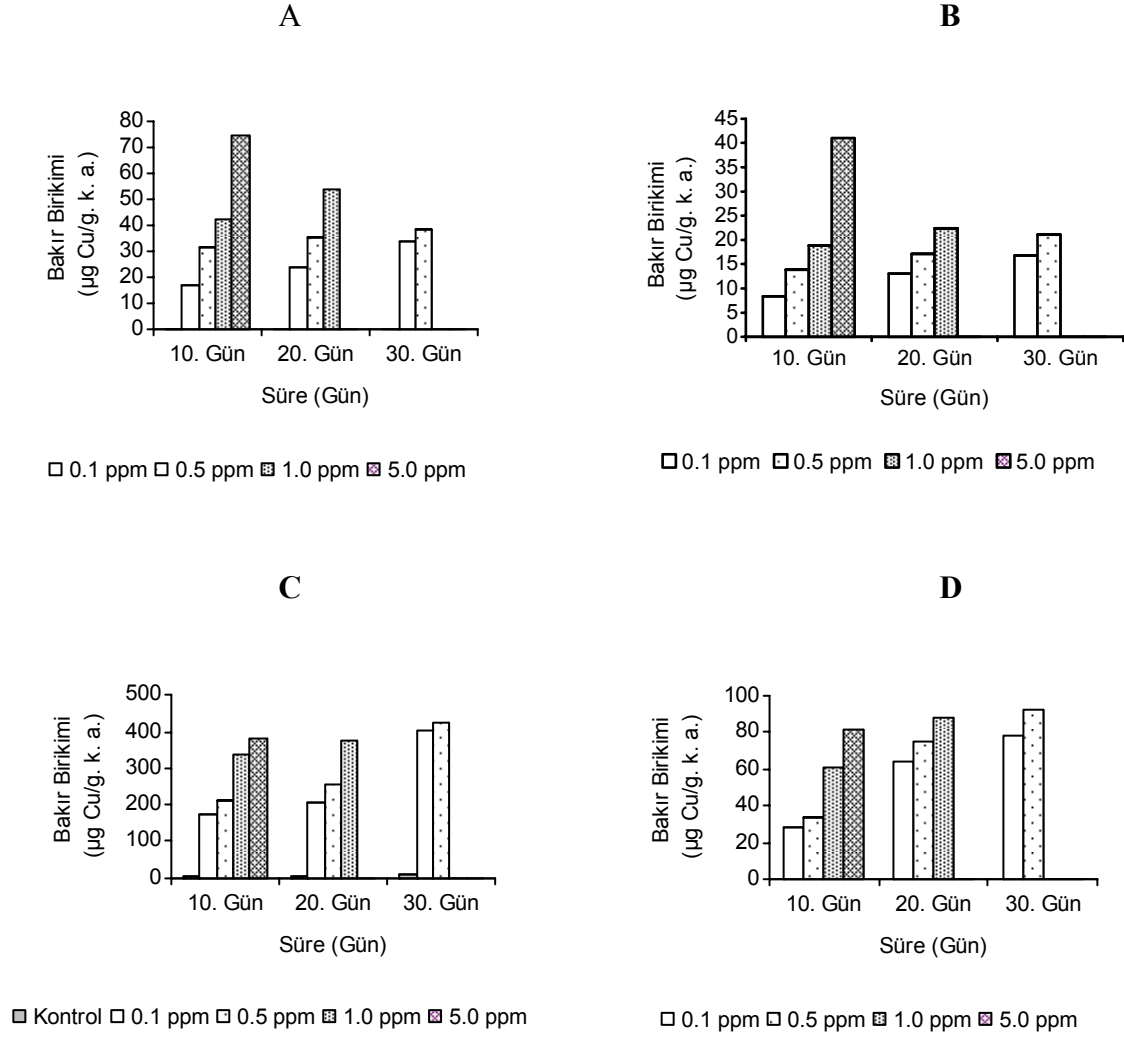
Bakır birikimi türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, tüm doku ve organlarda bakır birikimi *C. carpio*'da *O. niloticus*'a oranla her zaman daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4). Her iki türde de en yüksek bakır birikimi karaciğerde olurken, en düşük birikim ise kaslarda olmuştur.

Onuncu günde 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde ölen *C. carpio*'nun solungaçlarındaki bakır düzeyi, 30 günlük süre ve aynı derişimde canlı kalan *O. niloticus*'un solungaçlarındaki düzeyden daha fazladır (Şekil 4.4 A).

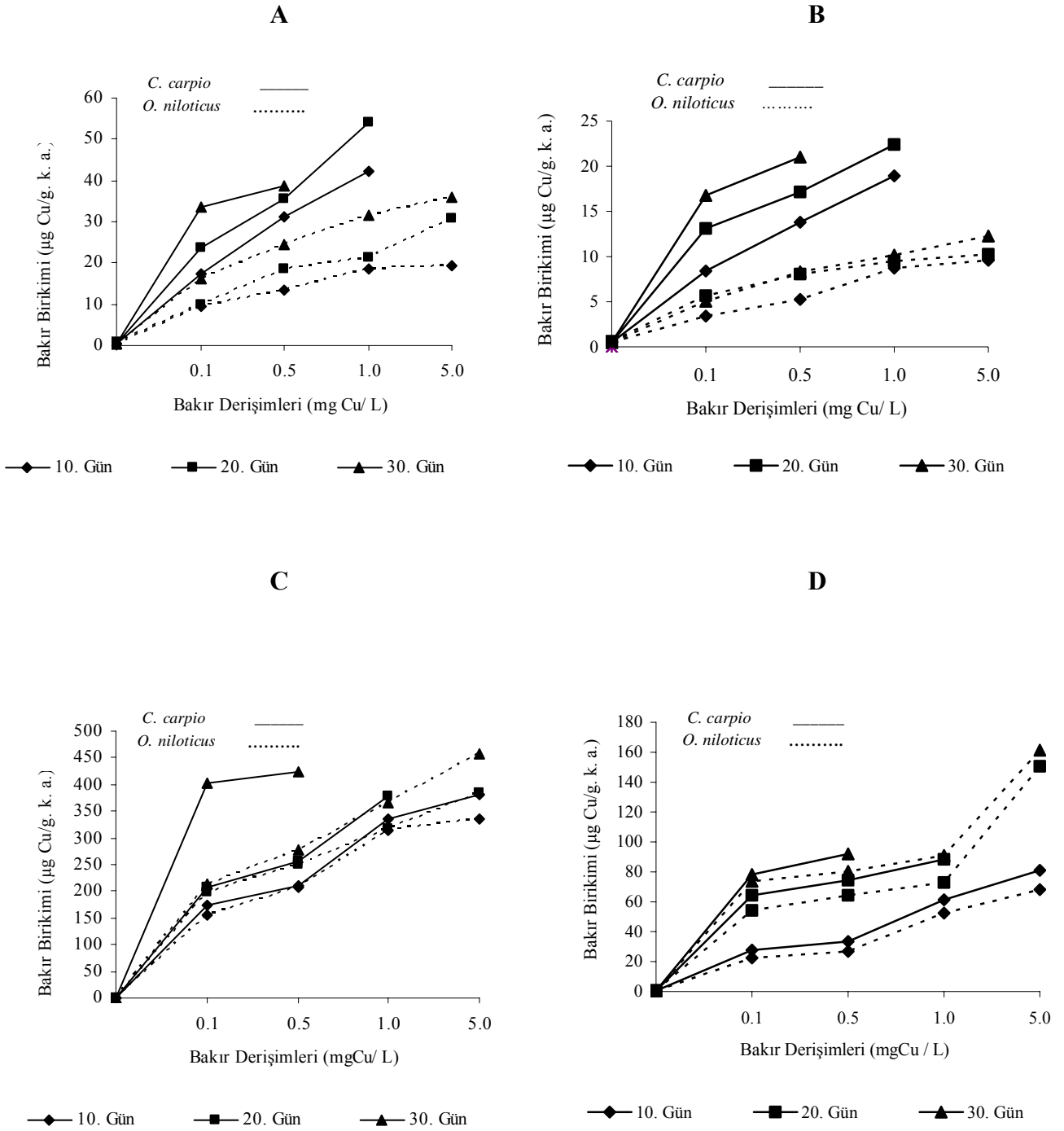
Denenen tđm sđre ve derişimlerde bakırın kastaki dđzeyi *C. carpio*'da *O. niloticus*'a oranla daha yđksektir (şekil 4.4 B). Onuncu gđnde *C. carpio*'nun 0.5 mgL^{-1} Cu ortam derişiminde kaslardaki birikim, *O. niloticus*'da 30. gđnde 5.0 mgL^{-1} Cu ortam derişiminde birikenden daha yđksek olduğu belirlenmiştir.

Her iki tđrdeki bakır birikimi organlara gđre incelendiğinde *C. carpio*'da karaciğerdeki bakır dđzeyi tđm ortam koşullarında *O. niloticus*'dan daha yđksek bulunmuştur (şekil 4.4 C).

C. carpio'da bđbrek bakır dđzeyi *O. niloticus*'a oranla denenen tđm sđrelerde ve ortam derişimlerinde daha yđksektir. Etkide kalınan sđrenin artmasıyla tđrlerin bđbrek bakır dđzeyleri arasındaki ayırım da artmaktadır (şekil 4.4 D).



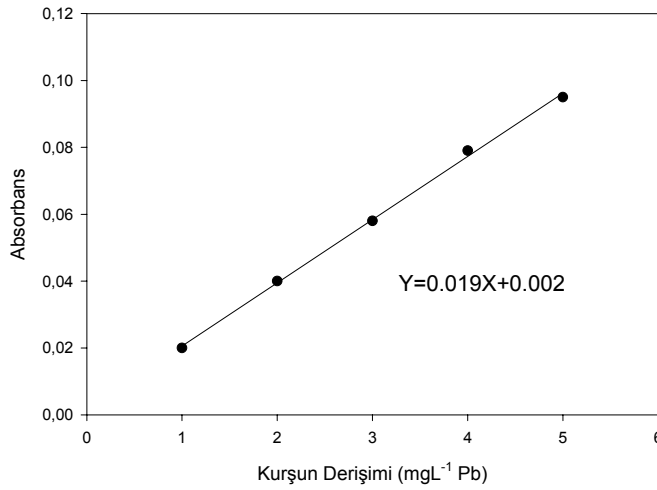
Şekil 4.3. *C. carpio*'da bakırın farklı dokularda birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).



Şekil 4.4. *C. carpio* ve *O. niloticus*'da doku ve organlardaki bakır birikimi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).

4. 2. KURŞUN BİRİKİMİ

O. niloticus ve *C. carpio*'nun dokularında kurşun dőzeylerini saptamak amacıyla kurşun standartları ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.5). Kurşun standartlarının absorbans değerlerinden $Y=0.019X+0.002$ formőlő elde edilmiştir. Burada X kurşun derişimini, Y absorbansı göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve bėbrek dokularındaki kurşun dőzeyleri bu regresyon formőlő kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.5. Kurşun derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.

4. 2. 1. *O. niloticus*'da Kurşun Birikimi

O. niloticus 'da belirlenen derişim ve sőrelerde bir doku için Ő tekrarlı olarak saptanan kurşun dőzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları izelge 4.8-4.10'da verilmiştir. Belirli bir sőre sonunda ve aynı derişimde kurşun birikimi bakımından dokular arasındaki ayırımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir sőre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki kurşun birikimine etkisini belirlemek amacı ile veriler SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar izelge 4.8-4.10'da verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini

göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

O. niloticus'da 10 günlük sürenin sonunda 0.5 mg PbL^{-1} ortam derişimi hariç karaciğer ve kas dokusu arasında kurşun birikimi bakımından önemli bir istatistik ayırım bulunmazken diğer tüm ortam derişimlerinde tüm dokularda kurşun birikimi bakımından önemli istatistik ayırım bulunmuştur (Çizelge 4.8; SNK, $P < 0.01$). 10. gün sonunda ortamdaki kurşun derişimi arttıkça dokulardaki birikimi de arttığı saptanmıştır. 0.1 ve 5.0 mgL^{-1} ortam kurşun derişimleri arasında solungaçlarda yaklaşık 4 katlık bir artış meydana gelmiştir.

Çizelge 4.8. *O. niloticus* 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g}$. k.a.).

ORGAN	DERİŞİM (mg Pb.L^{-1})				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. a	4.89 ± 0.59 xb	6.18 ± 0.23 xb	10.43 ± 0.78 xc	12.47 ± 1.29 xc
Karaciğer	D.A. a	7.62 ± 0.83 xb	9.42 ± 1.19 ybc	10.87 ± 0.52 xcd	13.31 ± 0.34 xd
Solungaç	D.A. a	11.37 ± 1.19 yb	12.94 ± 0.19 zb	14.42 ± 0.65 yb	40.29 ± 1.06 yc
Böbrek	D.A. a	37.30 ± 1.05 zb	44.17 ± 0.62 tc	58.40 ± 0.58 zd	63.05 ± 0.40 ze

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

20 gün süre sonunda kas ve karaciğer arasındaki 1.0 ve 5.0 mgL^{-1} ortam derişimleri hariç, tüm derişimlerde dokular arasında istatistik ayırım vardır (Çizelge 4.9; SNK, $P < 0.01$). En yüksek ve en düşük ortam derişimleri arasında solungaçlarda 3.5 katlık, diğer dokularda yaklaşık 2 kat kadar bir artış olmuştur.

Çizelge 4.9. *O. niloticus* 'da farklı ortam derişimlerinde 20. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Pb.L^{-1})				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. a	5.2 \pm 0.20 xb	7.32 \pm 0.81 xc	9.9 \pm 0.34 xd	13.98 \pm 0.43 xe
Karaciğer	D.A. a	8.11 \pm 1.06 yb	10.43 \pm 0.23 yc	10.6 \pm 0.48 xc	14.27 \pm 0.42 xd
Solungaç	D.A. a	11.7 \pm 0.19 zb	13.99 \pm 0.50 zbc	15.58 \pm 0.83 yc	42.3 \pm 1.00 yd
Böbrek	D.A. a	42.57 \pm 0.18 tb	56.73 \pm 0.83 tc	60.96 \pm 0.71 zd	72.42 \pm 1.05 ze

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

O. niloticus'da 30. gün sonunda belirli bir ortam derişimlerinde tüm doku ve organlar arasında kurşun birikimi bakımından önemli bir istatistik ayrım vardır (Çizelge 4.10; SNK, $P < 0.01$). Böbrek ve solungaç dokuları hariç diğer dokularda düşük ortam derişimleri arasında kurşun birikimi bakımından istatistik bir ayrım bulunmazken yüksek ortam derişimleri arasında dokularda kurşun birikimi bakımından bir istatistik ayrım vardır. Derişim arttıkça dokulardaki kurşun birikimi de artmaktadır.

Çizelge 4.10. *O. niloticus* 'da farklı ortam derişimlerinde 30. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Pb.L^{-1})				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. a	8.64 \pm 0.78 xb	9.7 \pm 0.36 xb	11.47 \pm 0.60 xc	14.43 \pm 0.57 xd
Karaciğer	D.A. a	11.56 \pm 0.75 yb	12.91 \pm 0.69 yb	19.56 \pm 0.36 yc	35.34 \pm 0.35 yd
Solungaç	D.A. a	21.84 \pm 0.41 zb	26.34 \pm 0.75 zc	36.61 \pm 0.77 zd	57.42 \pm 1.13 ze
Böbrek	D.A. a	53.29 \pm 0.33 tb	65.81 \pm 0.98 tc	76.96 \pm 0.83 td	92.76 \pm 0.33 te

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

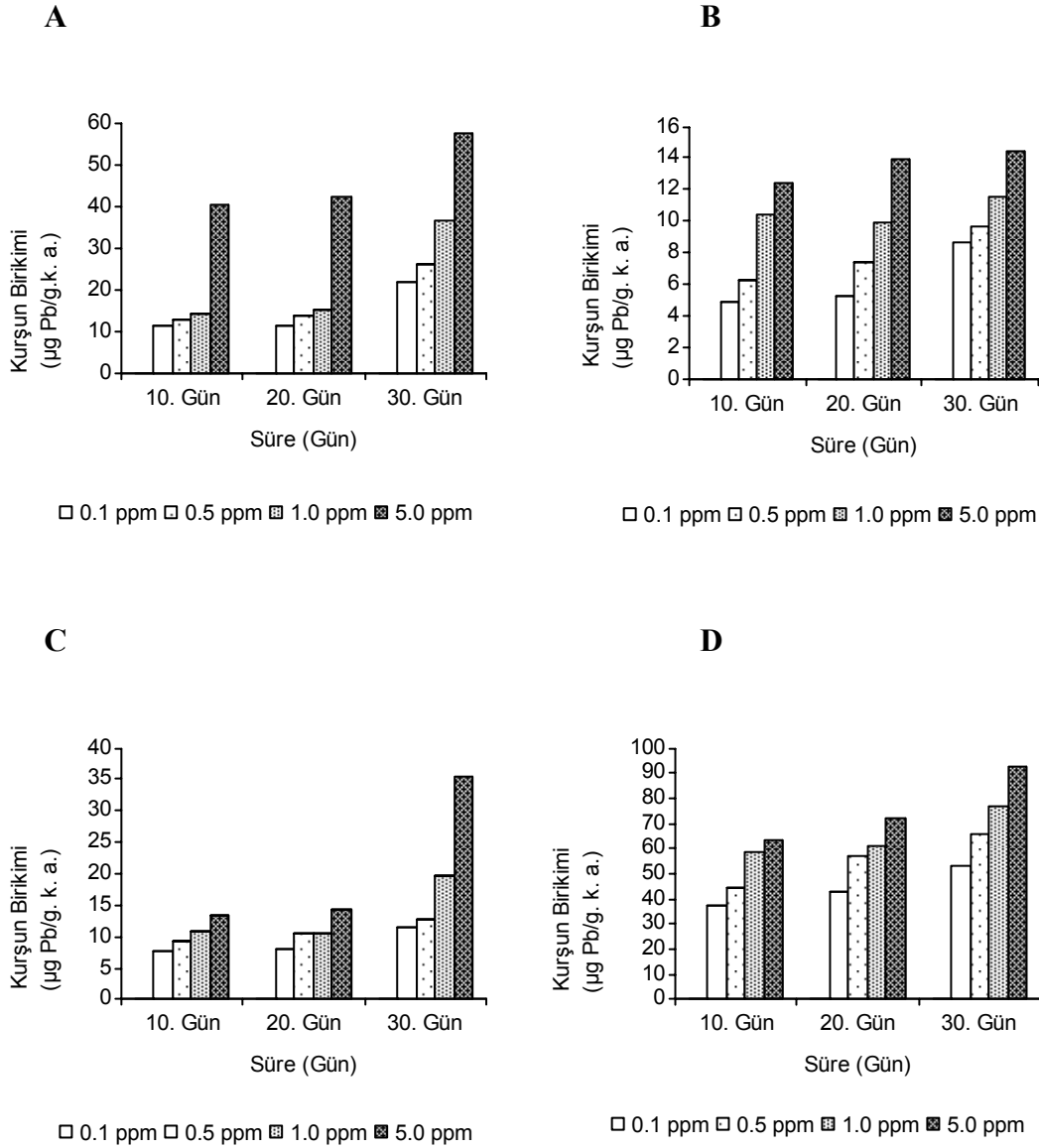
O. niloticus'da belirli bir ortam derişimlerinde, etkide kalınan sürenin uzaması ile solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki kurşun birikiminin de arttığı saptanmıştır (Şekil 4.6). Sürenin uzamasıyla doku ve organlardaki kurşun birikiminin de belirgin artışlar gözlenmiştir.

Kurşun birikimi solungaç dokusunda etkide kalınan tüm derişimlerde sürenin uzaması ile artmıştır. 30. günde 10. güne oranla 5.0 mgL^{-1} ortam derişimi hariç, diğer derişimlerde yaklaşık olarak 2 kat kadar bir artış gözlenmiştir (Şekil 4.6 A).

Kas dokusunda biriken kurşun tüm derişimlerde etkide kalma süresinin uzamasıyla artmıştır. 30. gün sonunda 10. güne oranla 0.1 mgL^{-1} ortam derişiminde yaklaşık 2 kat kadar bir artış olmuştur (Şekil 4.6 B).

O. niloticus'un karaciğerinde kurşun birikimi 1.0 mg/L ortam derişimi hariç denenen tüm koşullarda sürenin uzamasıyla arttığı saptanmıştır. Kurşun birikimi 5.0 mgL^{-1} ortam derişiminde 10. güne oranla 30. gün sonunda yaklaşık 2.5 kat kadar arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.6 C).

Böbreklerde biriken kurşun düzeyleri tüm ortam derişimlerinde yüksek düzeylerde olmuştur. Denenen tüm koşullarda doku ve organlar arasında en fazla birikim böbreklerde olduğu belirlenmiştir. Sürenin uzamasıyla hemen tüm derişimlerde böbrek kurşun düzeylerinde arttığı saptanmıştır (Şekil 4.6 D).



Şekil 4.6. *O. niloticus*'da kurşunun farklı dokulardaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek)

4. 2. 2. *C. carpio*'da Kurşun Birikimi

C. carpio 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan kurşun düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.11-4.13'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda aynı derişimde kurşun birikimi bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki kurşun birikimine etkisini belirlemek amacı ile veriler SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.11-4.13'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

C. carpio'da 10 günlük süre sonunda 0.1 mgL^{-1} ortam derişiminde kas ve karaciğer hariç belirli bir ortam derişiminde doku ve organlar arasında kurşun birikiminde önemli istatistik ayrım bulunmuştur (Çizelge 4.11; SNK, $P < 0.01$). Böbrek ve solungaç dokusunda ortam derişimi arttıkça kurşun birikimi de artmıştır. En yüksek birikim böbrekte olurken, en düşük birikim ise kas dokusunda olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. *C. carpio* 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g}$, k.a.).

ORGAN	DERİŞİM (mg Pb.L^{-1})				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. a	7.45 ± 0.24 xb	11.05 ± 0.60 xc	11.36 ± 0.16 xc	12.2 ± 0.48 xc
Karaciğer	D.A. a	8.67 ± 0.06 xb	12.69 ± 0.49 yed	13.85 ± 0.02 yed	14.31 ± 0.52 yd
Solungaç	D.A. a	14.4 ± 0.44 yb	21.52 ± 0.45 zc	25.18 ± 0.26 zd	33.08 ± 0.21 ze
Böbrek	D.A. a	18.55 ± 0.68 zb	33.69 ± 0.03 tc	39.19 ± 0.26 td	53.6 ± 0.62 te

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

20. gün sonunda kurşun biriktirme bakımından doku ve organlar arasındaki ayırım istatistik olarak önemlidir (Çizelge 4.12; SNK, $P<0.01$). Ortam derişimindeki 10 katlık artış dokularda kurşun birikiminde 1.5-2 katlık bir artışa neden olmuştur.

Çizelge 4.12. *C. carpio* 'da farklı ortam derişimlerinde 20. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. a	7.94 ± 0.41 xb	11.27 ± 0.47 xc	12.1 ± 0.92 xcd	13.87 ± 0.55 xd
Karaciğer	D.A. a	9.99 ± 0.49 yb	15.78 ± 0.08 yc	16.27 ± 0.35 yc	19.69 ± 0.74 yd
Solungaç	D.A. a	18.42 ± 0.31 zb	23.01 ± 0.48 zc	25.59 ± 0.23 zd	34.85 ± 0.47 ze
Böbrek	D.A. a	22.48 ± 0.55 tb	37.28 ± 0.35 tc	47.64 ± 0.19 td	60.44 ± 0.34 te

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

C. carpio'da 30 günlük süre sonunda 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde kas ve karaciğer hariç, belirli bir ortam derişiminde doku ve organlar arasında kurşun birikiminde önemli istatistik ayırım bulunmuştur (Çizelge 4.13; SNK, $P<0.01$). Genelde ortamda bulunan kurşun derişimi arttıkça dokularda kurşun birikiminde arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.13. *C. carpio* 'da farklı ortam derişimlerinde 30. günde doku ve organlarda kurşun birikimi ($\mu\text{g Pb/g. k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg Pb.L^{-1})				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. a	11.11 ± 0.27 xb	13.13 ± 0.43 xc	14.72 ± 0.45 xd	15.87 ± 0.60 xd
Karaciğer	D.A. a	10.29 ± 0.24 xb	18.93 ± 0.43 yc	21.58 ± 0.60 yd	22.84 ± 0.17 yd
Solungaç	D.A. a	20.97 ± 0.63 yb	24.67 ± 1.12 zc	27.39 ± 0.71 zc	42.08 ± 1.00 zd
Böbrek	D.A. a	34.27 ± 0.77 zb	39.41 ± 0.13 tc	60.74 ± 0.26 td	85.39 ± 0.30 te

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

C. carpio'da belirli bir ortam derişiminde etkide kalma süresinin uzaması ile doku ve organlardaki kurşun birikiminde arttığı saptanmıştır (Şekil 4.7).

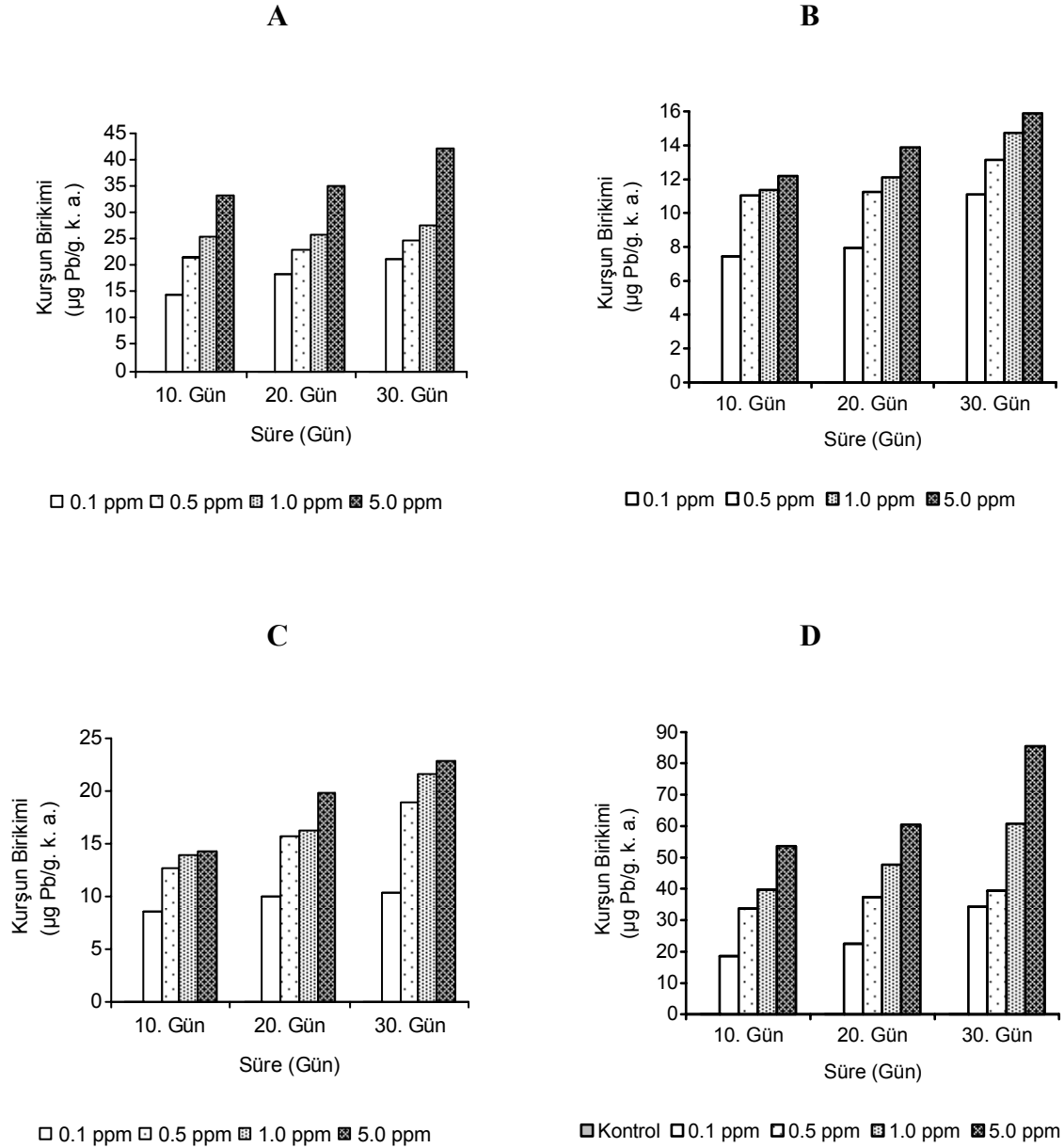
Solungaç dokusunda 0.5 ve 1.0 mgL^{-1} ortam derişimlerinde sürenin artışı ile kurşun birikiminde bir değişme olmazken, 0.1 ve 1.0 mgL^{-1} ortam derişimlerinde ise sürenin uzaması ile kurşun birikiminin de arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.7 A).

C. carpio kas dokusundaki kurşun birikimi hemen tüm ortam derişimlerinde 10. ve 20. günler arasında belirgin bir fark göstermezken, 30. günde ise her iki süreye göre belirgin bir artış olmuştur (Şekil 4.7 B).

Karaciğer dokusunda 0.1 mgL^{-1} ortam derişiminde kurşun birikimi sürenin artışından etkilenmemiştir. Diğer ortam derişimlerinde sürenin uzamasıyla karaciğerdeki kurşun düzeyi de artmıştır (Şekil 4.7 C).

C. carpio'da kurşun birikiminin diğer doku ve organlara göre en fazla biriktiği böbrek dokusunda tüm ortam derişimlerinde etkide kalma süresinin uzamasıyla kurşun birikiminin de arttığı saptanmıştır (Şekil 4.7 D).

C. carpio'da denenen tüm süre ve ortam derişimlerinde kurşun en fazla böbreklerde birikmiş, bunu sırasıyla solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir.



şekil 4.7. *C. carpio*'da kurşunun farklı dokulardaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek)

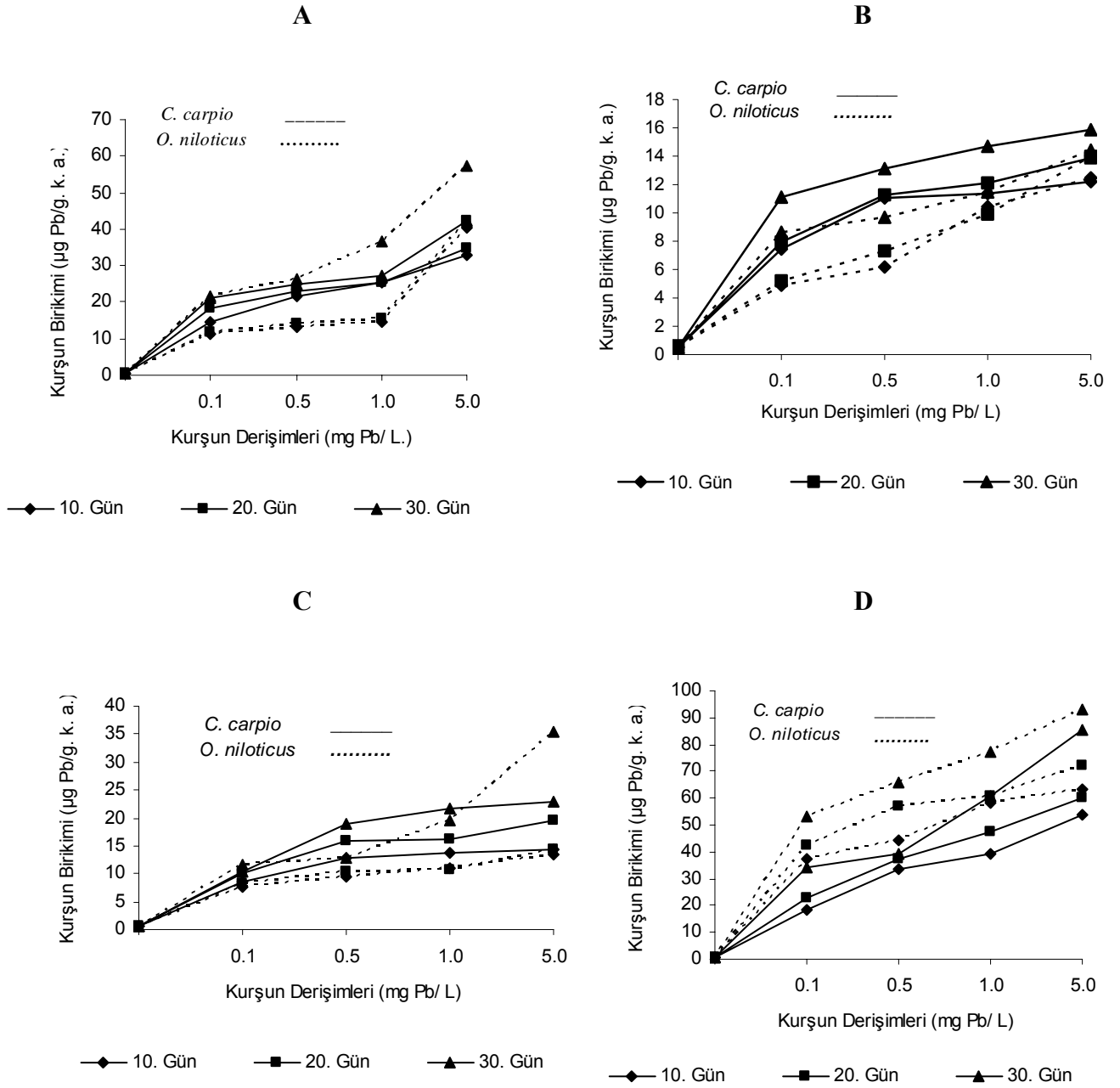
C. carpio ve *O. niloticus*'da kurşun birikimi karşılaştırmalı olarak incelendiğinde böbrek hariç tüm dokularda kurşun birikimi *C. carpio*'da *O. niloticus*'a oranla daha yüksektir (Şekil 4.8). Böbrek dokusundaki kurşun düzeyi *O. niloticus*'da *C. carpio*'ya oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Her iki türde de en yüksek kurşun birikimi böbreklerde olduğu saptanırken, en düşük birikim ise kaslarda olmuştur.

Her iki türdeki kurşun birikimi incelendiğinde solungaç dokusundaki kurşun düzeyleri, 30 günlük süre hariç, denenen diğer sürelerde *C. carpio*'nun solungaçlarındaki kurşun düzeyi *O. niloticus*'a göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil 4.8 A). 30. günde tüm derişimlerde *O. niloticus*'un solungaç dokusundaki kurşun düzeyi *C. carpio*'ya oranla daha yüksektir.

Kas dokusundaki kurşun birikim düzeyleri, denenen tüm koşullarda *C. carpio*'daki kurşun birikimi *O. niloticus*'dan daha yüksektir (Şekil 4.8 B).

30. günde 5.0 mgL^{-1} ortam derişimi hariç tüm derişim ve sürelerde *C. carpio*'nun karaciğerinde biriken kurşun miktarı *O. niloticus*'dan yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8 C). *C. carpio*'da 1.0 mgL^{-1} ortam derişiminde 10. gün sonunda biriken kurşun miktarı, *O. niloticus*'un 30. gün sonunda aynı ortam derişiminde biriken kurşun miktarından daha yüksektir.

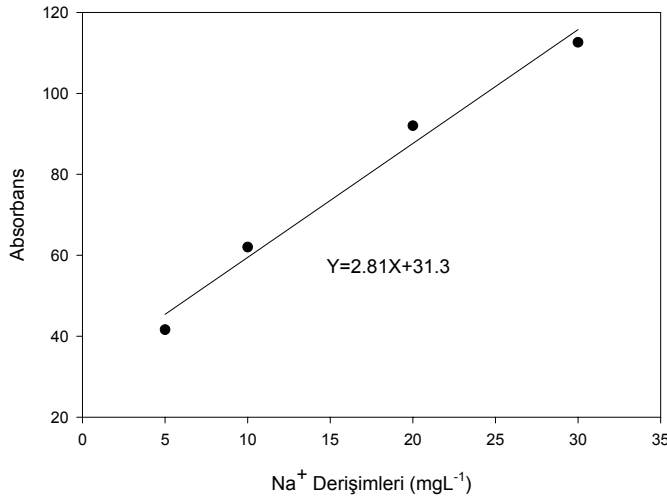
Denenen tüm süre ve derişimlerde böbrek dokusundaki kurşun miktarı diğer dokuların aksine *O. niloticus*'ta *C. carpio*'ya oranla daha yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil 4.8 D). Etkide kalınan sürenin uzamasıyla türlerin böbrek kurşun düzeyleri arasındaki ayırım da artmaktadır.



Şekil 4.8 *C. carpio* ve *O. niloticus*'da doku ve organlardaki kurşun birikimi (A: Solungaç, B: Kas, C: Karaciğer ve D: Böbrek).

4.3. DOKULARDA Na⁺ İYON DÜZEYLERİ

O. niloticus ve *C. carpio* dokularında sodyum düzeylerini saptamak amacıyla sodyum standartları ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.9). Sodyum standartlarının absorbans değerlerinden $Y=2.81X+31.3$ formülü elde edilmiştir. Burada X sodyum derişimini, Y absorbansı göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki sodyum düzeyleri bu regresyon formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.9. Sodyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.

4.3.1. *O. niloticus* ‘da Sodyum İyonu Düzeyi

4.3.1.1. *O. niloticus*’da Bakır Etkisinde Sodyum İyon Düzeyi.

O. niloticus ‘da belirlenen derişimler ve sürelerde bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan sodyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.14-4.16’de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı bakır derişiminde sodyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki belirtilen balıktaki sodyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul’s Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.14-4.16’de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda

derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum sodyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

10. gün süre sonunda artan bakır derişimlerinin *O. niloticus*’un karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki sodyum düzeylerine etkisi istatistik olarak önemsiz iken böbrek dokusunda kontrol balıklarına göre önemli olduğu belirlenmiştir. Böbrek dokusunda tüm ortam derişimleri sodyum düzeyini önemli ölçüde azaltmıştır (Çizelge 4.14; SNK, $P<0.01$). Belirli bir ortam derişiminde doku ve organlar arasında sodyum düzeyleri bakımından istatistik ayırım bulunurken kas ve karaciğer arasında istatistik ayırım yoktur.

Çizelge 4.14. *O. niloticus* ‘da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi (mg Na⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	2.86± 0.12 ax	3.87± 0.30 ax	8.80± 0.27 ay	22.19± 0.69 az
0.1	2.50± 0.19 ax	2.89± 0.17 ax	8.28± 0.19 ay	15.44± 0.59 bz
0.5	2.65± 0.12 ax	3.12± 0.37 ax	8.95± 0.27 ay	14.90± 0.01 bz
1.0	2.76± 0.22 ax	3.40± 0.19 ax	8.87± 0.50 ay	14.58± 0.16 bz
5.0	2.85± 0.23 ax	3.46± 0.30 ax	8.97± 0.50 ay	11.33± 0.85 cz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

O. niloticus'da 20 günlük süre sonunda dokularda sodyum düzeyi üzerine bakır derişimlerinin etkisi izelge 4.15'de verilmiştir. Karaciğerde 5.0 mg CuL⁻¹ derişimi denenen diğer ortam derişimlerine oranla sodyum düzeyini arttırmıştır. Tüm ortam derişimleri böbrek dokusundaki sodyum düzeyini azaltmıştır. 20. gün sonunda belirli bir ortam derişiminde karaciğer, solungaç ve böbrek dokusundaki sodyum düzeyleri bakımından önemli istatistik ayırım vardır (izelge 4.15; SNK, P<0.01).

Çizelge 4.15. *O. niloticus* 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi (mg Na⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	2.77± 0.19 abx	3.84± 0.14 ax	7.48± 0.40 ay	22.75± 1.02 az
0.1	2.67± 0.28 ax	2.84± 0.06 bx	7.25± 0.43 ay	16.67± 0.60 bz
0.5	2.79± 0.16 abx	2.95± 0.11 bx	7.89± 0.52 ay	13.24± 0.32 cz
1.0	3.43± 0.29 abx	3.16± 0.19 abx	9.50± 0.77 ay	11.32± 0.18 dz
5.0	3.62± 0.10 bx	3.18± 0.32 abx	9.51± 0.70 ay	10.30± 0.21 dz

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30. gün sonunda *O. niloticus*'un dokularında sodyum düzeyi üzerine bakır derişimlerinin etkisi izelge 4.16'da verilmiştir. Denenen ortam derişimleri karaciğer sodyum düzeyine önemli bir etkide bulunmamıştır. 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişimi kastaki sodyum düzeyinin azalmasına neden olurken, böbrekte tüm ortam derişimlerinde kontrol balıklarına oranla sodyum düzeylerinin azaldığı belirlenmiştir. Denenen tüm derişimlerde karaciğer ve solungaç sodyum düzeyleri önemli derecede ayırım göstermiştir (izelge 4.16; SNK, P<0.01).

Çizelge 4.16. *O. niloticus* ‘da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi (mg Na⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	2.79± 0.14 ax	3.69± 0.25 bx	7.65± 0.25 aby	22.50± 0.87 az
0.1	2.59± 0.14 ax	2.55± 0.28 ax	6.60± 0.43 ay	15.73± 0.07 bz
0.5	2.66± 0.27 ax	3.43± 0.10 bx	7.65± 0.47 aby	13.24± 0.41 cz
1.0	3.04± 0.29 ax	3.65± 0.03 bx	7.96± 0.39 aby	11.93± 0.46 cz
5.0	3.36± 0.08 ax	3.78± 0.04 bx	8.63± 0.18 by	10.14± 0.43 dz

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.17. *O. niloticus* ‘da serum sodyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L).

SÜRE	DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	154.0 ± 3.46 xa	150.0 ± 0.0 xb	144.6 ± 2.31 xc	140.6 ± 2.3 xd	136.0 ± 0.0 xd
20. Gün	148.6 ± 1.15 xa	137.6 ± 0.57 xb	126.0 ± 0.0 yc	124.0 ± 3.4 yc	119.3 ± 1.1 yd
30. Gün	151.3 ± 1.15 xa	150.0 ± 0.0 xa	144.0 ± 1.0 xb	136.6 ± 1.1 yc	115.0 ± 1.7 zd

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri süreler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

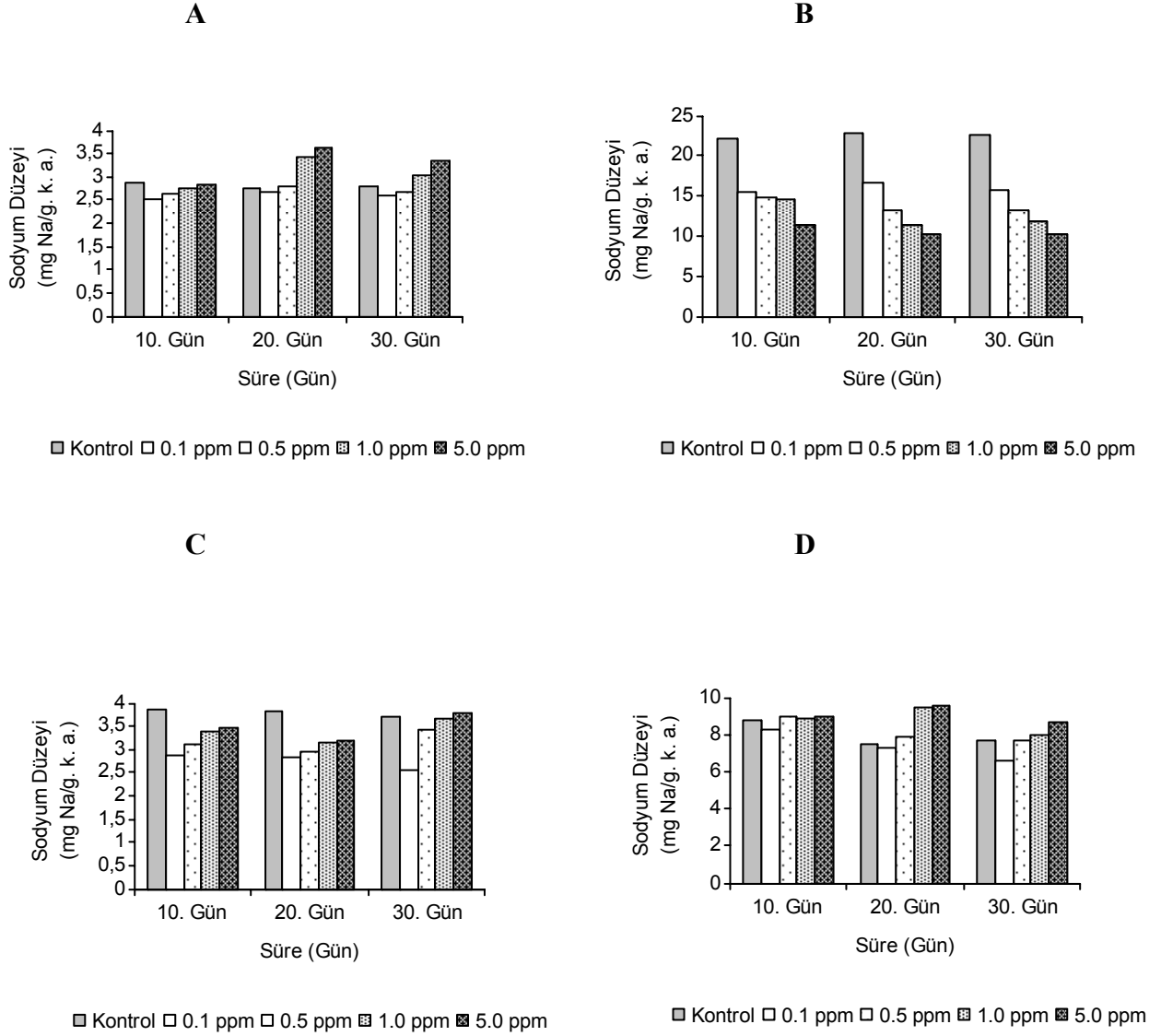
$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

O. niloticus’da serum sodyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi izelge 4.17’de sunulmuŐtur. Serum sodyum düzeyi 30. günde 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişimi hariç, tüm derişimlerde kontrole göre istatistik ayırım

göstermektedir. Belirli bir sürede ve artan derişimlerde serum sodyum düzeyi kontrole göre düşüş göstermiştir. Serum sodyum düzeyi bakımından 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde süreler arasında istatistik ayırım görülmezken, 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde deney süreleri arasında istatistik ayırım vardır (Çizelge 4.17; SNK, P<0.01).

Bakır derişimlerinin süreye bağlı olarak farklı dokularda sodyum düzeyine etkileri Şekil 4.10 A, B, C ve D’de gösterilmiştir.

Karaciğer dokusundaki sodyum düzeyleri bakır derişimlerinden ilk 10. gün içerisinde etkilenmemiş, 20. günde ise 5.0 mgL⁻¹ ortam derişiminde artış göstermiştir (Şekil 4.10 A). Böbrek dokusunda tüm sürelerde ve denenen tüm ortam derişimlerinde sodyum düzeyinin azaldığı gözlenmiştir (Şekil 4.10 B). Bu azalma yüksek ortam derişimlerinde daha fazla olmuştur. Kas dokusu sodyum düzeyleri 10. günde etkilenmemiş, 20. ve 30. günlerde ise düşük ortam derişimlerinde azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.10 C). Solungaç dokusunun sodyum düzeyleri bakır derişimlerinden 10 ve 20 günlük sürelerde önemli ölçüde etkilenmemiştir (Şekil 4.10 D). Sürenin uzamasıyla özellikle yüksek derişimlerin etkisindeki balıkların solungaç sodyum düzeylerinde bir artma gözlenmiştir.



Şekil 4.10. *O. niloticus*'da doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.3.1.2. *O. niloticus*'da Kurşun Etkisinde Sodyum İyon Düzeyi.

O. niloticus 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan sodyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.18-4.20'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı kurşun derişimlerinde

sodyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayırımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki sodyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.18-4.20'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum sodyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.21'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

O. niloticus'da 10. gün sonunda kurşunun bütün derişimleri solungaç hariç diğer doku ve organlardaki sodyum düzeyini kontrol balıklarına oranla düşürmüştür (Çizelge 4.18; SNK, $P < 0.01$). Karaciğer ve kas dokusu arasında sodyum düzeyleri bakımından istatistik ayırım saptanmamıştır. Buna karşılık diğer dokular arasındaki ayırım istatistik olarak önemlidir.

Çizelge 4.18. *O. niloticus* 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g k.a.}$).

DERİŞİM (mg Pb.L^{-1})	ORGAN			
	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	3.29± 0.16 ax	3.42± 0.12 ax	6.75± 0.10 ay	21.47± 0.88 az
0.1	2.25± 0.10 bx	2.50± 0.21 bx	6.87± 0.16 ay	16.09± 0.54 bz
0.5	2.43± 0.01 bx	2.79± 0.07 bcx	6.95± 0.29 ay	15.57± 0.20 bz
1.0	2.69± 0.20 bx	3.05± 0.17 bcx	7.46± 0.10 ay	13.46± 0.19 cz
5.0	2.77± 0.03 bx	3.29± 0.07 cx	9.76± 0.11 by	12.60± 0.30 cz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

20. gün sonunda denenen tüm kurşun derişimlerinde kas ve böbrek dokuları sodyum düzeylerinde azalma, solungaç dokusunda ise artış olduğu gözlenmiştir (izelge 4.19; SNK, $P < 0.01$). Dokulardaki sodyum düzeyi karşılaştırıldığında karaciğer, solungaç ve böbrek dokusu arasında önemli istatistik ayırım olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. *O. niloticus* ‘da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g k.a.}$).

DERİŞİM (mg Pb.L^{-1})	ORGAN			
	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	3.50± 0.22 ax	4.35± 0.10 ax	8.36± 0.73 ay	21.99± 0.47 az
0.1	2.56± 0.10 ax	2.26± 0.13 bx	10.75± 0.32 by	15.41± 0.50 bz
0.5	2.98± 0.39 ax	3.02± 0.50 bcx	11.87± 0.12 by	15.35± 0.63 bz
1.0	3.18± 0.40 ax	3.30± 0.33 bcx	12.16± 0.04 by	14.99± 0.06 bz
5.0	3.57± 0.18 ax	3.76± 0.13 cx	15.11± 0.98 cy	12.30± 0.59 cz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30. gün sonunda *O. niloticus* dokularında sodyum düzeyi üzerine kurşun derişimlerinin etkisi izelge 4.20 ‘de verilmiştir. Denenen ortam derişimleri karaciğer ve kas dokusunda sodyum düzeyine önemli bir etki yapmamıştır. 1.0 ve 5.0 mgL^{-1} Pb ortam derişimlerinde solungaç sodyum düzeyi kontrol balıklarına göre artmıştır. Böbrek dokusu sodyum düzeyi tüm ortam derişimlerinde kontrole göre önemli düzeyde azalmıştır (izelge 4.20; SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.20. *O. niloticus* 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi (mg Na⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	3.51± 0.17 ax	3.65± 0.28 ax	7.53± 0.71 ay	21.85± 0.86 az
0.1	2.67± 0.17 ax	2.42± 0.27 ax	7.80± 0.88 ay	15.47± 0.19 bz
0.5	2.72± 0.37 ax	3.01± 0.39 ax	9.59± 0.57 aby	13.43± 0.64 bz
1.0	3.22± 0.37 ax	3.32± 0.25 ax	10.36± 0.37 by	13.27± 0.86 bz
5.0	3.47± 0.18 ax	3.66± 0.08 ax	13.19± 0.60 cy	13.01± 0.46 by

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.21. *O. niloticus* 'da serum sodyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mmol/L).

SÜRE	DERİŞİM (mgPb L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	133.3 ± 4.16 xa	134.0 ± 3.46 xa	144.6 ± 2.31 xb	154.0 ± 5.2 xc	158.3 ± 0.5 xc
20. Gün	166.6 ± 1.33 ya	168.6 ± 5.03 yb	174.6 ± 5.7 yab	176.6 ± 2.3 yab	180.0 ± 0.0 yb
30. Gün	153.3 ± 3.06 za	155.0 ± 4.36 za	164.0 ± 0.0 zb	172.6 ± 1.5 zc	191.1 ± 1.0 zd

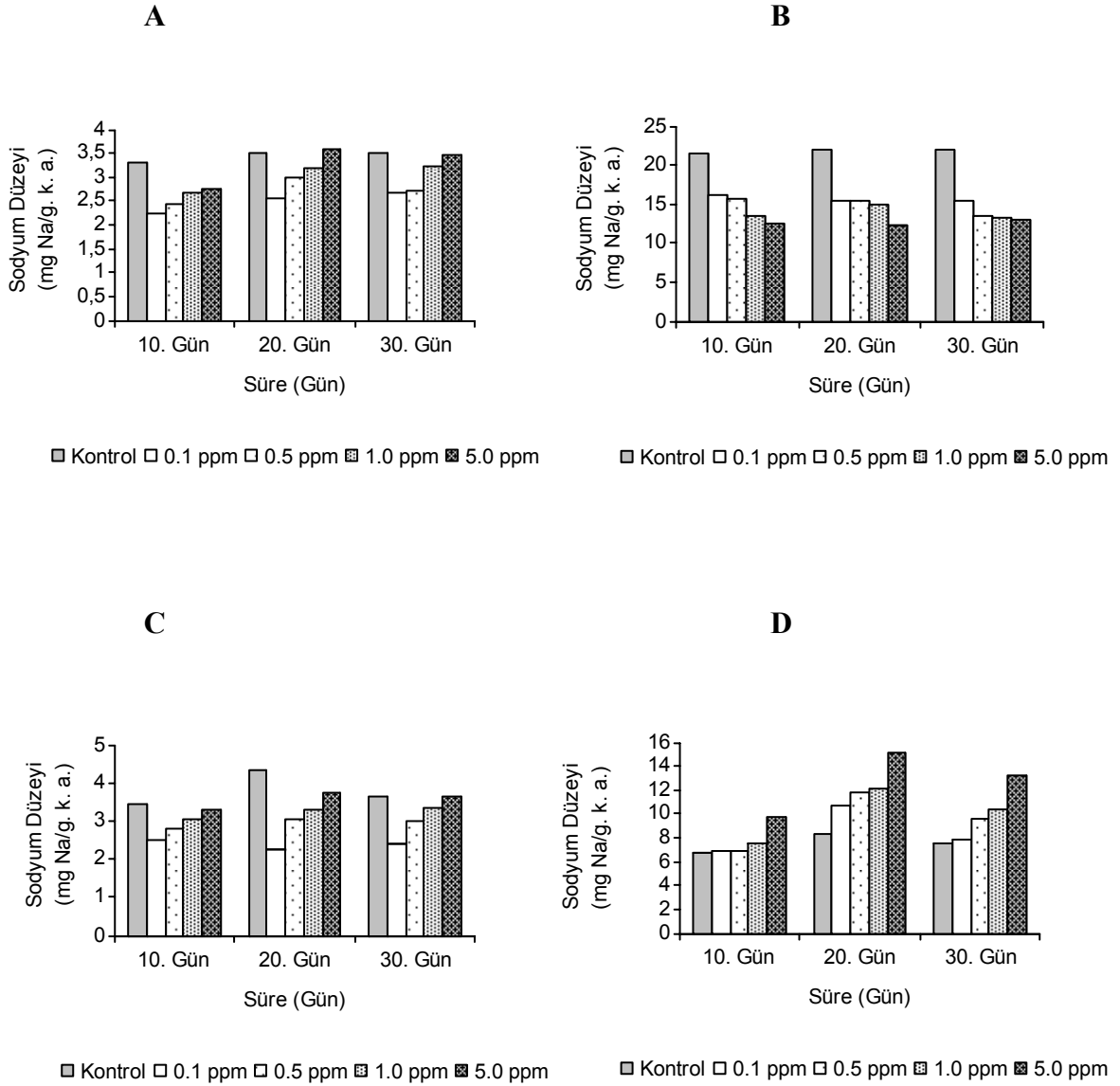
* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri süreler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

O. niloticus'da serum sodyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi izelge 4.21'de sunulmuştur. 10 ve 30. gün 0.1 mg PbL^{-1} ortam derişimi hariç, denenen he iki sürede tüm derişimlerde serum sodyum düzeyi kontrole göre istatistik ayırım göstermektedir. Belirli bir sürede etkide kalınan derişim arttika serum sodyum düzeyinde artış saptanmıştır. Denenen tüm derişimlerde serum sodyum düzeyi bakımından deney süreleri arasında istatistik ayırım vardır (izelge 4.21; SNK, $P < 0.01$).

Kurşun derişimlerinin süreye bağlı olarak *O. niloticus*'un farklı dokularında sodyum düzeylerine etkileri Şekil 4.11 A, B, C, ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer dokusundaki sodyum düzeylerinde 10. günde tüm kurşun derişimlerinde kontrole göre bir azalma gösterirken, 20. ve 30. günlerde genelde etkilenmemiştir (Şekil 4.11, A). Sürenin uzamasıyla genelde stabil bir durum göstermiştir. Böbrek dokusunda denenen tüm sürelerde ve çalışılan tüm derişimlerde sodyum düzeyinin azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.11, B). 20. günde 5.0 mgL^{-1} Pb ortam derişimi sodyum düzeyi kontrole göre % 40 düzeyinde azalmıştır. Kas dokusunda 10. ve 20. günlerde denenen tüm ortam derişimlerinde sodyum düzeylerinde bir miktar düşme olmuş, 30. günde ise tüm derişimlerde kontrole göre bir değişim olmamıştır (Şekil 4.11, C). Solungaç dokusu sodyum düzeyinde 10. günde 5.0 mgL^{-1} Pb derişiminde bir artış olurken, 20. günde denenen tüm ortam derişimlerinde artma gözlenmiştir. 30. günde ise 1.0 ve 5.0 mgL^{-1} Pb derişimlerinde sodyum düzeyinde kontrole göre bir artışın olduğu saptanmıştır (Şekil 4.11, D). 30. günde 1.0 mgL^{-1} Pb ortam derişimlerinde sodyum düzeyi yaklaşık % 37 düzeyinde artmıştır.



Şekil 4.11. *O. niloticus*'da doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.3.2. *C. carpio*'da Sodyum İyon Düzeyi.

4.3.2.1. *C. carpio*'da Bakır Etkisinde Sodyum İyon Düzeyi.

C. carpio'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan sodyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları izelge 4.22-4.24'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve belirli bir bakır derişiminde sodyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde

belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki belirtilen balıktaki sodyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.22-4.24'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum sodyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.25'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

C. carpio'da 10 günlük süre sonunda karaciğer ve solungaç dokularındaki sodyum düzeyine bakır derişimlerinin etkisi istatistik olarak önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.22; SNK, $P<0.01$). Kas ve böbrek dokusunda sodyum düzeyine 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimin etkisi istatistik olarak önem taşımaktadır. Bakır ortam derişimleri karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki sodyum düzeylerini kontrol balıklarına göre azaltmıştır. Belirli bir ortam derişiminde karaciğer, böbrek ve kas dokusu arasında sodyum düzeyleri bakımından istatistik ayrım vardır.

Çizelge 4.22. *C. carpio* 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g k.a.}$).

DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})	ORGAN			
	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	6.33± 0.18 ax	4.90± 0.29 ay	10.32± 0.27 az	8.95± 0.50 at
0.1	3.51± 0.18 bx	3.89± 0.52 abx	7.05± 0.12 by	8.32± 0.40 az
0.5	3.71± 0.44 bx	3.71± 0.13 abx	6.78± 0.30 by	8.77± 0.24 az
1.0	4.57± 0.18 cx	3.44± 0.47 abx	4.67± 0.59 cx	9.50± 0.91 ay
5.0	4.73± 0.11 cy	2.89± 0.34 bx	3.67± 0.49 cx	12.06± 0.62 bz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

C. carpio'nun 20. gün süre sonunda dokularda sodyum düzeyi üzerine bakır derişimlerinin etkisi izelge 4.23'de verilmiştir. Karaciğer ve böbrek dokusu sodyum düzeyleri 1.0 mgL⁻¹ Cu ortam derişiminde artış göstermiştir. Kas dokusunda denenen tüm ortam derişimlerinde istatistik bir ayırım bulunmazken, solungaç dokusunda kontrole göre önemli istatistik ayırım vardır. Belirli bir ortam derişiminde karaciğer, böbrek ve solungaç dokusu sodyum düzeyi bakımından istatistik ayırım yoktur (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.23. *C. carpio* 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi (mg Na⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	9.30± 0.28 ax	5.91± 0.49 ay	14.27± 0.34 az	10.91± 0.98 ax
0.1	7.86± 1.14 axy	5.81± 0.33 ax	9.64± 0.64 by	8.93± 0.11 ay
0.5	8.69± 0.34 ay	5.77± 0.92 ax	8.97± 0.50 by	10.13± 0.39 ay
1.0	14.71± 0.75 bx	5.56± 0.47 ay	8.76± 0.50 bz	15.13± 0.43 bx

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30. gün sonunda *C. carpio*'nun dokularında sodyum düzeyleri üzerine bakır derişimlerinin etkisi izelge 4.24'de verilmiştir. Denenen ortam derişimleri kas dokusu sodyum düzeyine etkisi istatistik olarak önemli değilken, diğer dokularda önemli olduğu saptanmıştır. Karaciğer, böbrek ve solungaç dokusu arasındaki sodyum düzeyleri tüm bakır derişimlerinde istatistik ayırım göstermiştir (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.24. *C. carpio* 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi (mg Na⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	7.93± 0.36 ax	7.29± 0.62 ax	12.13± 0.59 ay	10.26± 0.47 az
0.1	4.40± 0.65 bx	7.25± 0.67 ay	9.37± 0.54 by	15.36± 0.77 bz
0.5	4.41± 0.40 bx	6.10± 0.29 ax	8.22± 0.53 by	17.20± 0.81 bz

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.25. *C. Carpio* 'da serum sodyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L.).

SÜRE	DERİŞİM (mgCu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	140.0 ± 0.0 xa	112.0 ± 3.46 xb	91.6 ± 1.15 xc	85.6 ± 0.57 xd	77.3 ± 5.03 xd
20. Gün	142.0 ± 0.0 xa	121.0 ± 3.46 yb	114.6 ± 2.8 yc	103.3 ± 0.57 yd	-
30. Gün	132.6 ± 7.57 xa	93.3 ± 3.05 xb	80.33 ± 8.7 zb	-	-

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

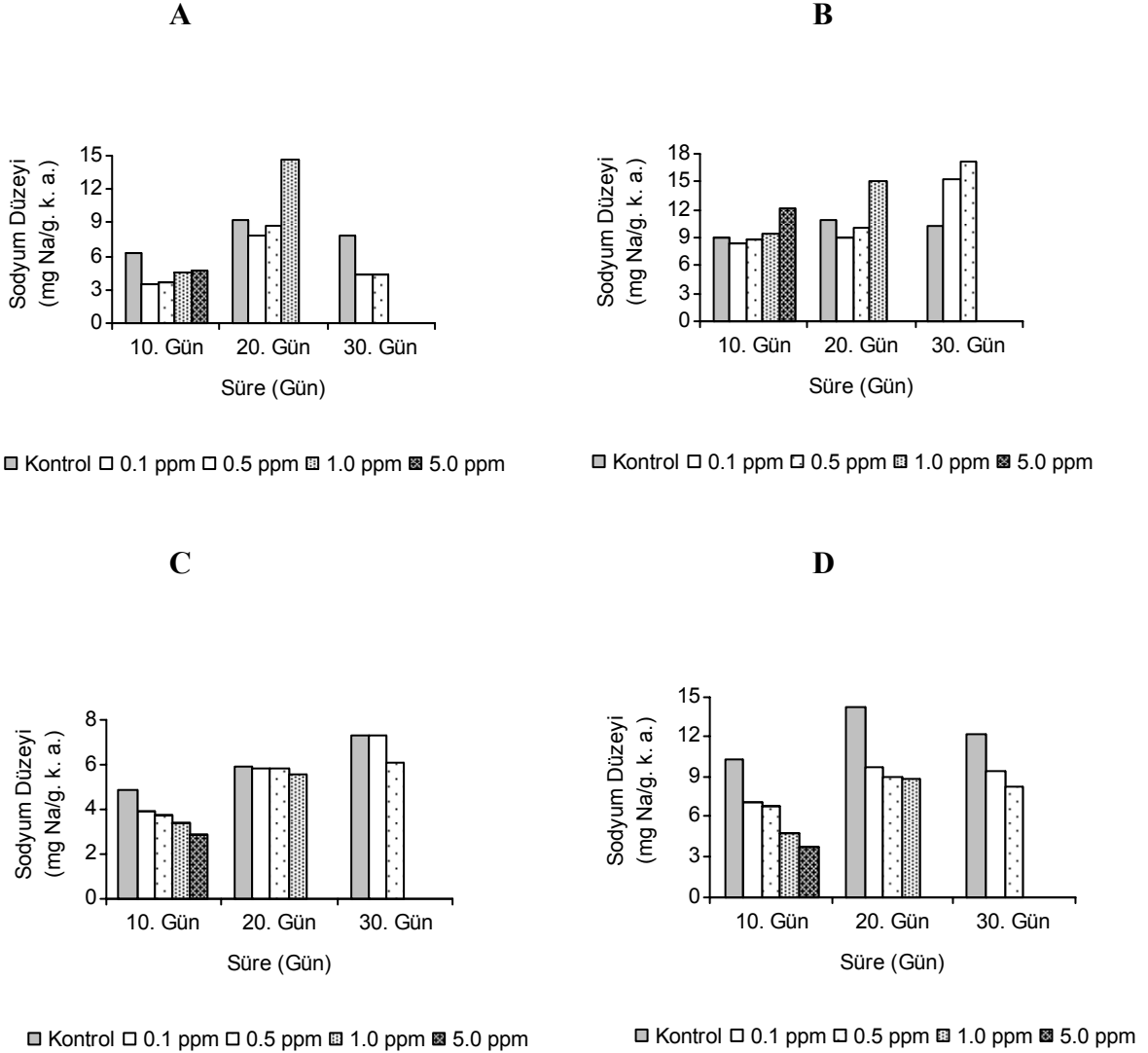
$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

C. carpio'da serum sodyum düzeyine bakır ortam derişimlerinin ve sürenin etkisi Çizelge 4.25'de verilmiştir. Belirli bir sürede denenen tüm ortam derişimlerinde serum sodyum düzeyi, kontrole göre bir azalma göstermiştir. Serum

sodyum düzeyi bakımından 30. gün 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişimi hariç, deney süreleri arasında istatistik ayırım önem taşımaktadır.

Bakır derişimlerinin süreye bağlı olarak *C. carpio*'nun farklı dokularında sodyum düzeyine etkileri Şekil 4.12 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğerde sodyum düzeyleri 10. ve 30. günlerde tüm bakır derişimlerinde kontrole göre bir azalma gösterirken, 20. günde 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde ise bir artma gözlenmiştir (Şekil 4.12 A). Sodyum düzeyindeki bu artış yaklaşık %58 oranında olduğu belirlenmiştir. Böbrek dokusunda denenen tüm sürelerde ve yüksek ortam derişimlerinde sodyum düzeyinin arttığı saptanmıştır. Etkide kalınan sürenin artmasıyla böbrek sodyum düzeylerinde kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.12 B). Kas dokusunda 10. günde yüksek ortam derişimlerinde sodyum düzeyi azalırken, 20. ve 30. günlerde bir değişiklik gözlenmemiştir (Şekil 4.12 C). Solungaç sodyum düzeyinin tüm ortam derişimlerinde ve etkide kalınan tüm sürelerde kontrole göre azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.12 D).



Şekil 4.12. *C. carpio*'da doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.3.2.2. *C. carpio*'da Kurşun Etkisinde Sodyum İyon Düzeyi.

C. carpio'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan sodyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.26-4.28'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve belirli bir kurşun derişiminde sodyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde

belirli bir sűre sonunda artan deriřimin bir doku ve organdaki belirtilen balıktaki sodyum dűzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiř ve sonuçlar izelge 4.26-4.28'de verilmiřtir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda deriřimlerin etkisini gűstermek amacıyla kullanılmıřtır. Serum sodyum iyon dűzeyleri ise izelge 4.29'da verilmiřtir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri deriřimleri, x, y ve z harfleri ise gűnlerin etkisini gűstermek amacıyla kullanılmıřtır. Çizelgelerde farklı harflerle gűsterilen veriler arasında $P < 0.01$ dűzeyinde istatistik ayırım vardır.

10 gűnlűk sűre sonunda *C. carpio* 'nun dokularında sodyum dűzeyi űzerine kurřun deriřimlerinin etkileri izelge 4.26'da verilmiřtir. KaraciĐer sodyum dűzeyleri tűm deriřimlerde kontrole gűre bir azalma saptanmıřtır. Bűbrek dokusu sodyum dűzeyi 0.1 mgL^{-1} Pb ortam deriřimlerinde azalmıřtır. Kas ve solungaç dokusunda tűm ortam deriřimlerinde istatistik bir ayırım gűstermediĐi belirlenmiřtir. Belirli bir ortam deriřiminde dokular arasındaki ayırım, kas ile karaciĐer arasındaki ayırım hariç sodyum dűzeyleri bakımından istatistik olarak űnem tařıtmaktadır (SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.26. *C. carpio* 'da 10 gűnlűk sűre sonunda kurřunun doku ve organlarda sodyum dűzeyi űzerine etkisi ($\text{mg Na}^+/\text{g k.a.}$).

DERİŞİM (mg Pb.L^{-1})	ORGAN			
	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Bűbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	5.82± 0.24 ax	5.05± 0.33 ax	8.47± 0.12 ay	12.36± 0.67 az
0.1	4.45± 0.11 bx	4.62± 0.26 ax	8.84± 0.10 ay	8.48± 0.48 by
0.5	4.32± 0.05 bx	4.33± 0.29 ax	8.87± 0.51 ay	9.02± 0.44 aby
1.0	4.29± 0.22 bx	4.05± 0.01 ax	8.80± 0.42 ay	10.44± 0.64 abz
5.0	4.04± 0.32 bx	3.90± 0.43 ax	9.32± 0.47 ay	12.05± 1.45 abz

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gűsterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

C. carpio'da 20. günlük süre sonunda sadece böbrek dokusunda sodyum düzeyine kurşun derişimlerinin etkisi istatistik olarak önemli olduğu saptanmıştır (izelge 4.27; SNK, $P<0.01$). Kurşunun düşük ortam derişimleri böbrek dokusundaki sodyum düzeyini önemli oranlarda azaltmıştır. Belirli bir ortam derişiminde solungaç ve böbrek sodyum düzeyi, karaciğer ve kas dokusundan istatistik olarak ayırım gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. *C. carpio* 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi (mg Na⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	4.90± 0.16 ax	5.67± 0.71 ax	8.35± 0.16 ax	14.75± 2.26 ay
0.1	4.78± 0.07 ax	5.51± 0.75 ax	8.54± 0.02 ay	8.27± 0.12 by
0.5	4.52± 0.11 ax	5.18± 0.03 ax	8.72± 0.48 ay	8.79± 0.14 by
1.0	4.16± 0.33 ax	4.91± 0.57 ax	8.96± 0.18 ay	10.71± 0.58 abz
5.0	4.12± 0.21 ax	4.44± 0.20 ax	9.42± 0.13 ay	12.56± 0.94 abz

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

C. carpio 'da 30 günlük süre sonunda dokulardaki sodyum düzeyi üzerine kurşun derişimlerinin etkisi izelge 4.28'de verilmiştir. Kas hariç diğer dokulardaki sodyum düzeyine kurşunun yüksek ortam derişimlerinin etkisi kontrole göre istatistik olarak önem taşıdığı saptanmıştır. Belirli bir ortam derişiminde dokular arasındaki sodyum düzeyleri istatistik olarak ayırım göstermektedir (SNK, $P<0.01$).

Çizelge 4.28. *C. carpio* 'da 30 günlük süre sonunda kurŖunun doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine etkisi (mg Na⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	4.60± 0.01 abx	5.30± 0.06 ay	8.15± 0.01 az	12.81± 0.35 at
0.1	5.26± 0.17 bx	4.13± 0.05 ay	8.59± 0.17 abz	8.61± 0.43 bz
0.5	4.50± 0.11 abx	3.96± 0.26 ax	8.66± 0.51 by	10.62± 0.16 cz
1.0	4.14± 0.47 acx	3.97± 0.69 ax	9.45± 0.20 bey	12.50± 0.66 az
5.0	3.53± 0.10 cx	3.92± 0.26 ax	9.92± 0.25 cy	14.40± 0.50 dz

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.29. *C. carpio* 'da serum sodyum düzeyi üzerine kurŖunun etkisi (mmol/L.).

SÜRE	DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	114.0 ± 0.0 xa	119.3 ± 3.05 xb	122.0 ± 5.29 xb	124.0 ± 3.46 xc	128.0 ± 4.0 xc
20. Gün	118.6 ± 2.3 ya	126.0 ± 3.6 yb	132.6 ± 3.5 yc	144.6 ± 3.21 yd	180.0 ± 0.0 ye
30. Gün	119.6 ± 1.52 ya	134.0 ± 1.73 zb	146.0 ± 0.0 zc	150.6 ± 1.52 zd	191.1 ± 1.0 ze

* : a, b, c, d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

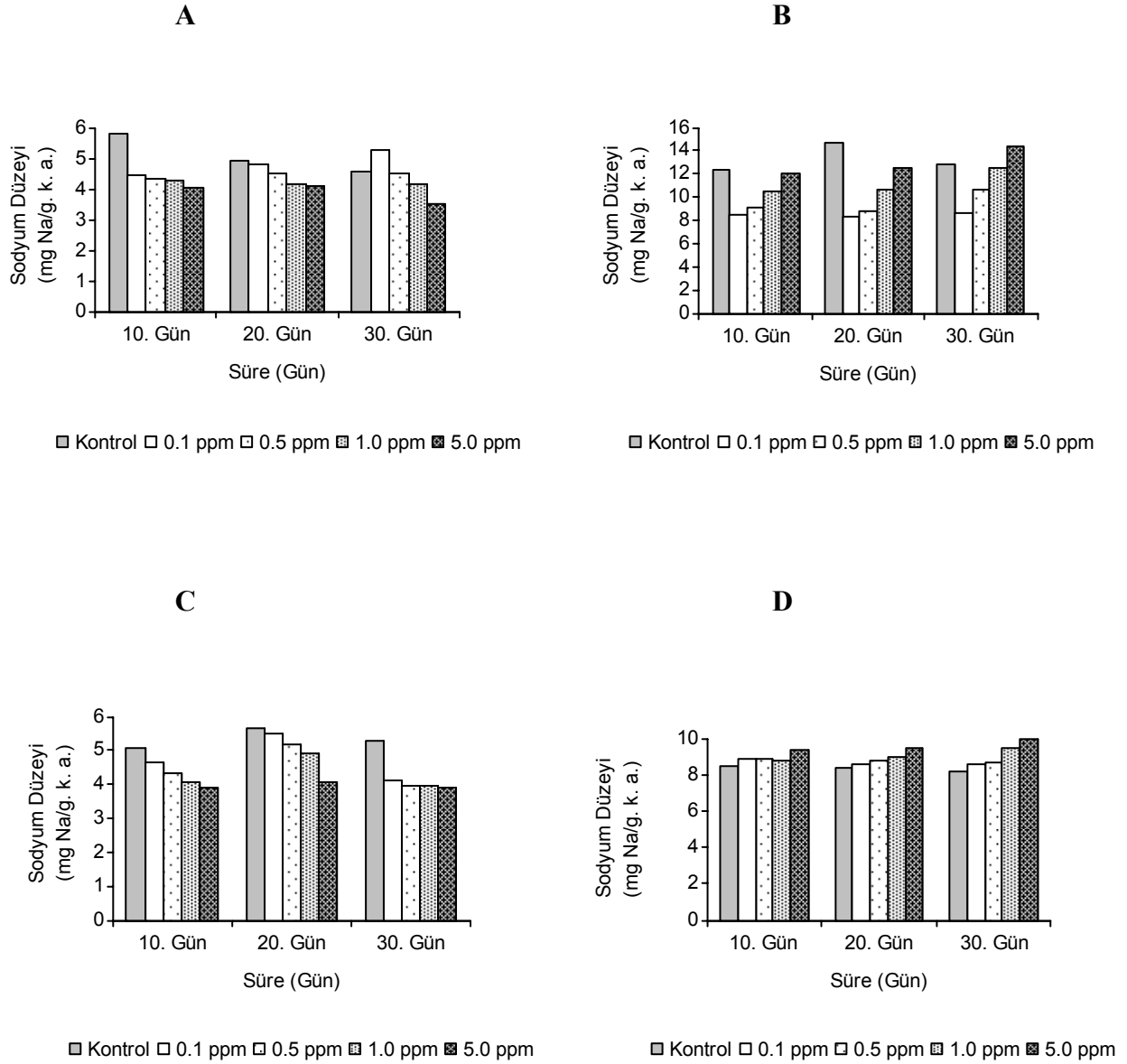
$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

C. carpio'da serum sodyum düzeyi üzerine kurŖun ortam derişimleri ve sürenin etkisi izelge 4.29'da verilmiştir. Tüm ortam derişimlerinde serum sodyum düzeyi kontrole göre istatistik ayırım göstermektedir. Belirli bir sürede etkide kalınan

derişimin artışıyla serum sodyum düzeyinin de arttığı saptanmıştır. Denenen tüm derişimlerde serum sodyum düzeyi bakımından deney süreleri arasında istatistik ayırım vardır (SNK, $P < 0.01$).

Kurşun derişimlerinin süreye bağlı olarak *C. carpio*'nun farklı dokularında sodyum düzeyine etkileri Şekil 4.13 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğerde sodyum düzeyi 10 ve 30. günlerde tüm kurşun derişimlerinde kontrole göre bir azalma göstermiştir (Şekil 4.13 A). Dokulardaki azalma 30. güne kıyasla en fazla 10. günde olduğu belirlenmiştir. 10. günde 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 mgL⁻¹ kurşun derişimlerinde sırasıyla %23, %25, %26 ve %30 azalmalar saptanmıştır. Böbrek dokusunda 30. günde 5.0 mgL⁻¹ kurşun ortam derişimi hariç tüm sürelerde ve denenen ortam derişimlerinde sodyum düzeyinin kontrole göre azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.13 B). 30. günde 5.0 mgL⁻¹ kurşun ortam derişiminde ise böbrek sodyum düzeyinin kontrole göre %12 arttığı belirlenmiştir. Kas dokusunda denenen tüm süre ve ortam derişimlerinde sodyum düzeyinin değişmediği saptanmıştır (Şekil 4.13 C). Solungaç sodyum düzeyi 30. günde tüm ortam derişimlerinde kontrole göre yükseldiği belirlenmiştir (Şekil 4.13 D).



Şekil 4.13. *C. carpio*'da doku ve organlarda sodyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

Bakır derişimlerinin sodyum düzeylerine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde *C. carpio*'nun karaciğerinde sodyum düzeyi 10. ve 20. gün sonunda tüm derişimlerde kotrole göre azaldığı halde 20. gün 1.0 mgL⁻¹ derişiminde arttığı gözlenmiştir. *O. niloticus*'da 20. gün 1.0 mgL⁻¹ ortam derişimi hariç genelde kontrole göre değişmediği saptanmıştır (Şekil 4.14 A).

Böbreğin bakırın etkisinde sodyum düzeyinde *O. niloticus*'da tüm sürelerde ve denenen tüm derişimlerde kontrole göre bir azalma gösterirken, *C. carpio*'da ise sodyum düzeyleri 10. ve 20. günlerde yüksek derişimlerde, 30. günde tüm derişimlerde kontrole göre genelde bir artış göstermiştir (Şekil 4.14 B).

O. niloticus'da bakırın etkisinde kas dokusunun sodyum düzeyinde 10. ve 20. günlük sürelerde ve düşük ortam derişimlerde kontrole göre bir düşme gözlenirken, *C. carpio*'da sadece 10. günde yüksek derişimlerde bir azalma gözlenmiş, 20 ve 30 günlük sürelerde ise herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir(Şekil 4.14 C).

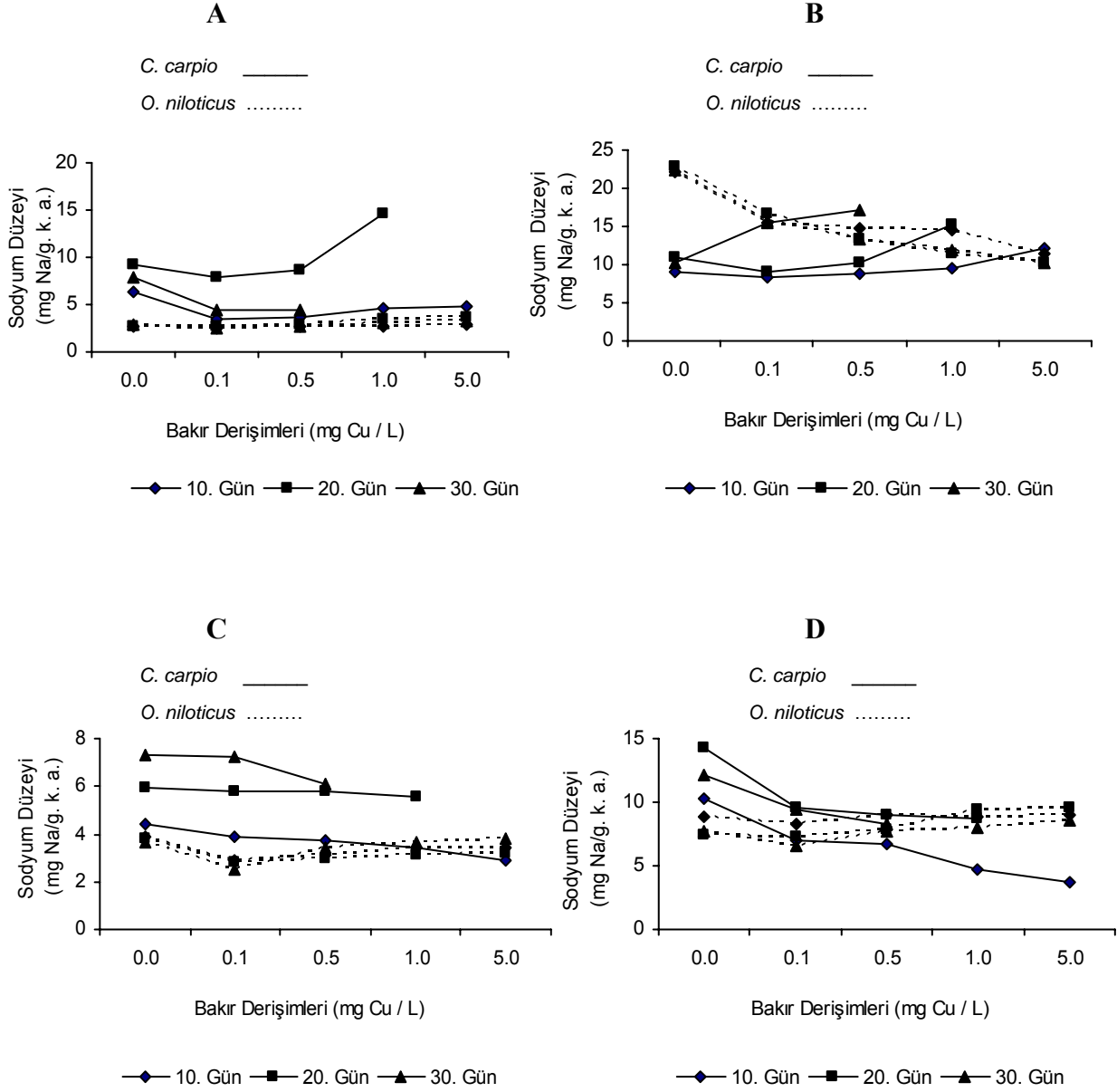
Bakırın etkisi altına bırakılan *O. niloticus*'un solungaç dokusunda sodyum düzeyi 30. günde yüksek ortam derişimlerinde kontrol balıklarına göre azda olsa bir artış gösterirken, *C. carpio*'nun solungaç dokusundaki sodyum düzeyi ise denenen tüm süre ve derişimlerde kontrole göre bir azalma göstermiştir (Şekil 4.14 D).

Kurşun derişimlerinin sodyum düzeylerine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, karaciğerdeki sodyum düzeylerinin her iki türde de 10. gün sonunda kontrole göre azaldığı gözlenmiştir (Şekil 4.15 A).

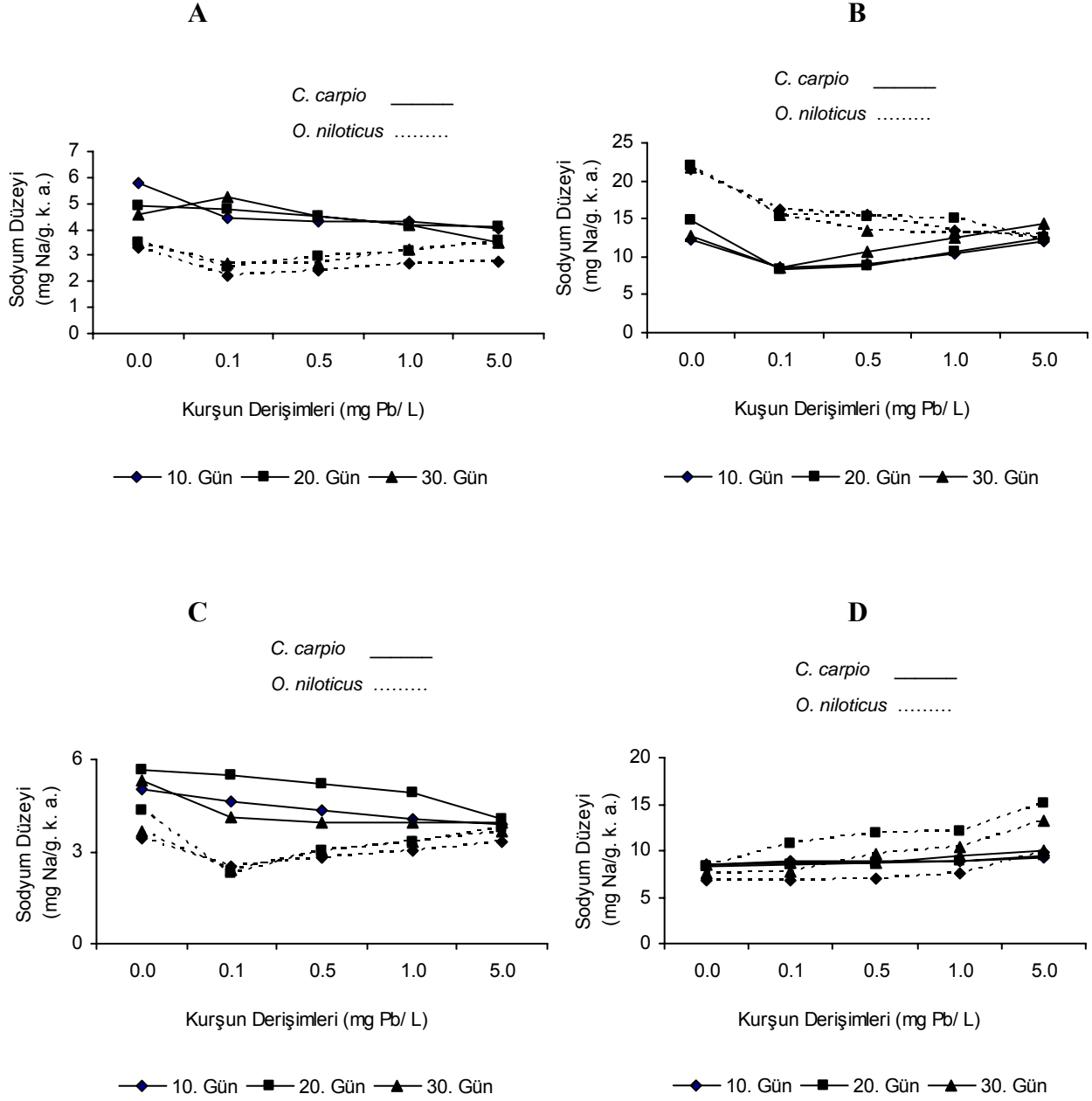
C. carpio'da kurşunun etkisinde böbrek dokusunun sodyum düzeyi 10. ve 20. günlük sürelerde düşük derişimlerde kontrole göre bir azalma olurken, yüksek derişimlerde her hangi bir değişimin olmadığı gözlenmiştir. *O. niloticus*'da ise denenen tüm süre ve ortam derişimlerinde sodyum düzeyi kontrole göre azalmıştır (Şekil 4.15 B). Bu azalma sürenin uzamasıyla daha da artmıştır.

Kurşunun etkisinde kas dokusu sodyum düzeyi *O. niloticus* 10 ve 20 günlük sürelerde denenen ve derişimlerde kontrole göre bir düşme olduğu belirlenmiş, *C. carpio*'da ise denenen tüm koşullarda herhangi bir değişimin olmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.15 C).

Solungaç sodyum düzeyi *O. niloticus*'da denenen kurşun derişimlerinde ve de 20 ve 30 günlük sürelerde kontrole göre belirgin bir artış olurken, *C. carpio*'da solungaç sodyum düzeyinde kontrole göre yüksek ortam derişimlerinde bir artış olmuştur (Şekil 4.15 D).



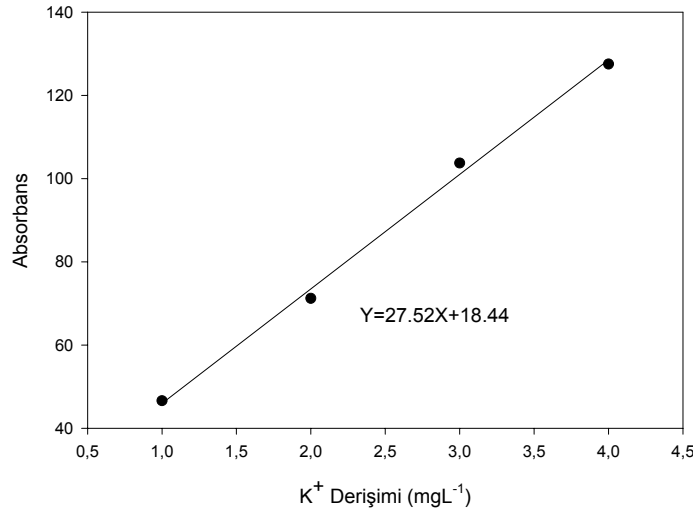
Şekil 4.14. *C. carpio* ve *O. niloticus*'da bakırın doku ve organlardaki sodyum düzeyi üzerine etkisi. (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç)



Şekil 4.15. *C. carpio* ve *O. niloticus*'da kurşunun doku ve organlardaki sodyum düzeyi üzerine etkisi. (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: SolungaÇ)

4.4. DOKULARDA K⁺ İYON DÜZEYLERİ

O. niloticus ve *C. carpio* dokularında potasyum düzeylerini saptamak amacıyla potasyum standartları ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.16). Potasyum standartlarının absorbans değerlerinden $Y=27.52X+18.44$ formülü elde edilmiştir. Burada X potasyum derişimini, Y absorbansı göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki potasyum düzeyleri bu regresyon formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.16. Potasyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.

4.4.1. *O. niloticus* 'da Potasyum iyonu Düzeyi

4.4.1.1. *O. niloticus*'da Bakır Etkisinde Potasyum İyon Düzeyi.

O. niloticus 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan potasyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.30-4.32'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı bakır derişiminde potasyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki potasyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.30-4.32'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b ve c harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum potasyum iyon

düzeyleri ise çizelge 4.33’de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

10 günlük süre sonunda *O. niloticus*’un dokularında potasyum düzeyi üzerine bakır derişimlerinin etkisi Çizelge 4.30 ‘da verilmiştir. Denenen ortam derişimleri karaciğer ve kas dokusunda potasyum düzeyine etkisi önemsizdir. Böbrek dokusunda 0.1 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde potasyum düzeyi kontrole göre bir azalma göstermiştir. Dokular arasındaki potasyum düzeyi karşılaştırıldığında istatistik ayrımın olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30; SNK, $P<0.01$).

Çizelge 4.30. *O. niloticus* ‘da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg K}^+/\text{g k.a.}$).

DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})	ORGAN			
	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	4.21± 0.67 ax	5.60± 0.10 ax	5.45± 0.35 abx	9.01± 0.40 by
0.1	4.44± 0.22 ax	5.53± 0.15 ay	4.10± 0.05 ax	7.67± 0.08 az
0.5	3.94± 0.17 ax	5.17± 0.26 ay	4.37± 0.12 abx	8.56± 0.22 bz
1.0	3.67± 0.15 ax	4.57± 0.57 ax	4.97± 0.32 abx	9.09± 0.35 by
5.0	3.26± 0.31 ax	4.13± 0.37 ax	5.69± 0.51 by	9.26± 0.20 bz

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

O. niloticus’da 20 günlük süre sonunda denenen tüm bakır derişimlerinde karaciğer ve solungaç dokusu potasyum düzeylerinde kontrole göre bir değişiklik olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.31). Yüksek ortam derişimlerinde kas dokusu potasyum düzeylerinde azalma, böbrek dokusunda ise artma gözlenmiştir. Böbrek dokusu ile diğer dokular arasında istatistik ayrım saptanmıştır ($P<0.01$).

Çizelge 4.31 *O. niloticus* 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0.0	4.44± 0.55 ax	4.89± 0.29 ax	5.23± 0.48 ax	8.51± 0.45 ay
0.1	5.48± 0.21 ax	5.85± 0.38 ax	3.88± 0.38 ay	8.71± 0.29 az
0.5	5.38± 0.21 ax	4.69± 0.52 ax	4.76± 0.85 ax	9.54± 0.44 aby
1.0	4.46± 0.58 ax	2.92± 0.41 by	5.05± 0.38 ax	10.55± 0.15 bz
5.0	3.57± 0.32 ax	2.73± 0.26 bx	5.48± 0.05 ay	12.09± 0.39 cz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30. gün sonunda *O. niloticus*'un dokularında potasyum düzeyine bakır derişimlerinin etkisi Çizelge 4.32'de verilmiştir. Karaciğerde düşük ortam derişimlerinde potasyum düzeyinin kontrole göre artarken, böbrek dokusunda yüksek ortam derişimlerinde kontrole göre bir artış olduğu belirlenmiştir. Dokular arasında potasyum düzeyi bakımından istatistik ayırımın önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.32. *O. niloticus* 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0.0	4.13± 0.50 ax	4.93± 0.25 ax	5.01± 0.33 ax	8.54± 0.35 ay
0.1	6.41± 0.38 bx	5.15± 0.04 az	4.61± 0.47 ay	8.51± 0.75 az
0.5	6.05± 0.38 bx	4.85± 0.34 ax	4.80± 0.23 ax	9.96± 0.58 aby
1.0	3.87± 0.57 ax	4.34± 0.43 ax	5.38± 0.70 ax	10.22± 0.65 aby
5.0	3.65± 0.18 ax	3.86± 0.27 ax	5.75± 0.71 ay	11.32± 0.31 bz

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.33. *O. niloticus* 'da serum potasyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L).

SÜRE	DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
10. Gün	2.44 ± 0.1 xa	2.72 ± 0.0 xa	4.44 ± 0.67 xb	4.72 ± 0.04 xb	4.77 ± 0.1 xb
20. Gün	2.45 ± 0.06 xa	2.66 ± 0.57 xa	2.86 ± 0.11 ya	3.53 ± 0.61 yb	4.4 ± 0.34 xc
30. Gün	2.45 ± 0.01 xa	2.60 ± 0.12 xa	2.78 ± 0.01 ya	3.2 ± 0.34 yb	4.1 ± 0.34 xc

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

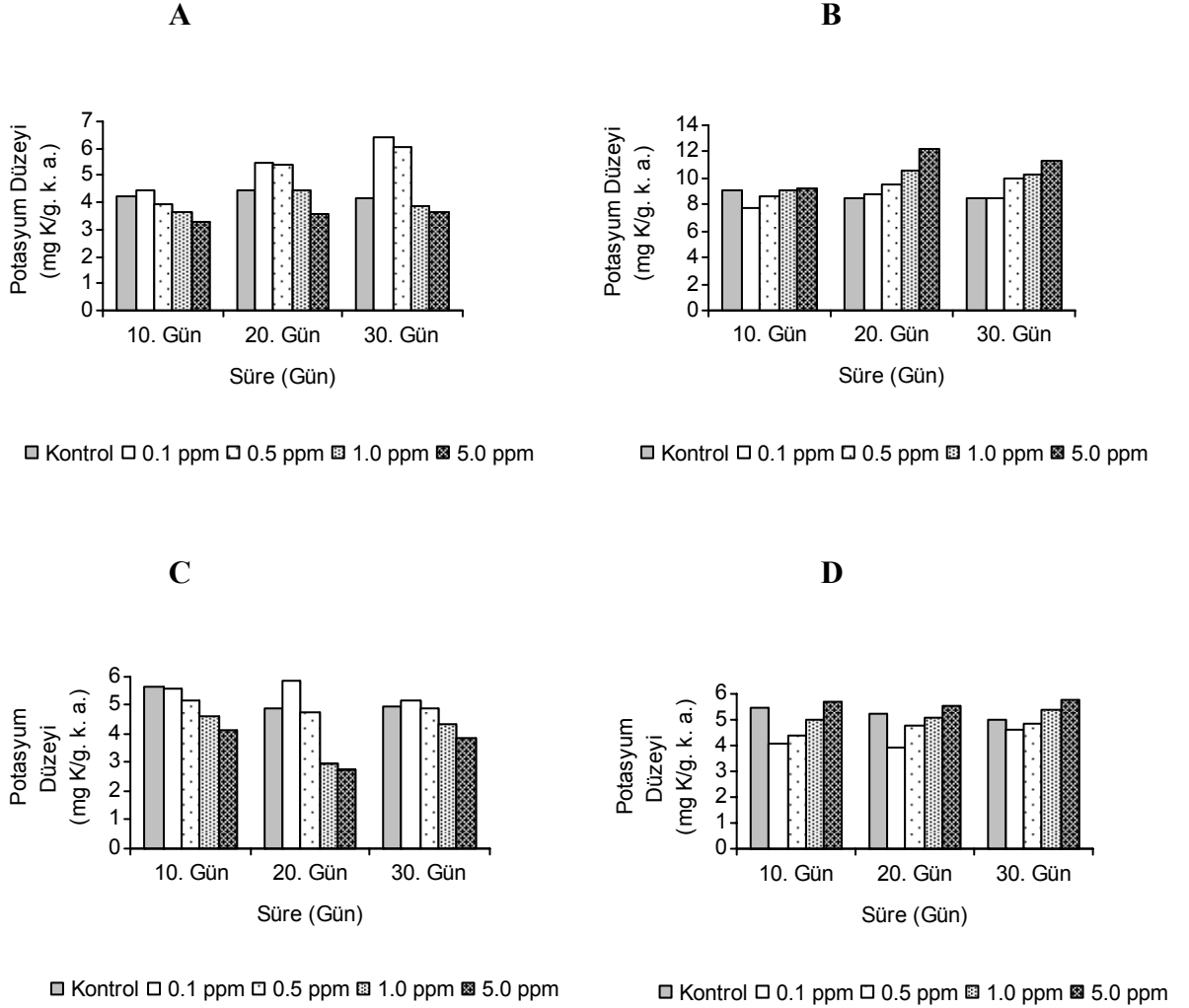
$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

O. niloticus'da serumunda potasyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi çizelge 4.33 'de verilmiştir. 10. günde 0.1 mgL⁻¹ Cu , 20 ve 30. günlerde 0.1 ve 0.5 mg CuL⁻¹ ortam derişimleri hariç, diğer derişimlerde serum potasyum düzeyi

kontrole göre istatistik ayırım göstermektedir. Belirli bir sürede ve yüksek derişimlerde serum potasyum düzeyi kontrole göre arttığı saptanmıştır. Serum potasyum düzeyi bakımından 0.1 ve 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde deney süreleri kontrole göre istatistik ayırım göstermezken, 0.5 ve 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde ise istatistik ayırım vardır (izelge 4.33; SNK, P<0.01).

Bakır derişimlerinin süreye bağlı olarak *O. niloticus*'un farklı dokularında potasyum düzeyine etkileri Şekil 4.17 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer dokusundaki potasyum düzeyinin düşük ortam derişimlerinde ve 30. günde kontrole göre arttığı gözlenmiştir. 30. gün sonunda 0.1 mgL⁻¹ Cu ortam derişiminde kontrole göre % 50 düzeyinde artmıştır (Şekil 4.17 A). Böbrek dokusunda 20 ve 30. günlerde yüksek ortam derişimlerinde potasyum düzeyinde bir artma gözlenmiştir. En yüksek artış 20. günde 5.0 mgL⁻¹ Cu ortam derişiminde % 42 oranında olmuştur. 10. günde ise kontrole göre bir değişim olmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.17 B). Kas dokusu potasyum düzeyinde 20 günde yüksek ortam derişimlerinde bir miktar azalma olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.17 C). Solungaç potasyum dzeyileri 10. gün 5.0 mgL⁻¹ Cu ortam derişimi hariç, genelde kontrole göre azalırken, yüksek ortam derişimlerinde ise kontrole göre bir değişimin olmadığı saptanmıştır (Şekil 4.17 D).



Şekil 4.17. *O. niloticus*'da doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.4.1.2. *O. niloticus*'da Kurşun Etkisinde Potasyum İyon Düzeyi.

O. niloticus 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için  tekrarlı olarak saptanan potasyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları izelge 4.34-4.36'da verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı kurşun derişiminde potasyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı Şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki potasyum düzeylerine etkisi SNK testi (Student

Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.34-4.36'da verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum potasyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.37'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

10 gün sonunda *O. niloticus*'un dokularında potasyum düzeyine kurşun derişimlerinin etkisi Çizelge 4.34'de verilmiştir. Solungaç dokusu potasyum düzeyine ortam derişimlerinin etkisi kontrole göre istatistik olarak önemlidir. Kas ve böbrek dokularında yüksek ortam derişimlerinin etkisinde kontrole göre potasyum düzeyinde bir artış gözlenirken, karaciğerde denenen tüm ortam derişimlerinin kontrole göre bir değişim saptanmamıştır. Dokular arasında potasyum düzeyi istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir (SNK, $P<0.01$).

Çizelge 4.34. *O. niloticus* 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K^+ /g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0.0	4.39± 0.39 ax	3.50± 0.21 ax	6.62± 0.33 ay	9.73± 0.61 abz
0.1	4.58± 0.63 ax	3.21± 0.19 ay	5.15± 0.14 bx	8.11± 0.25 az
0.5	4.12± 0.24 ax	3.97± 0.31 ax	4.73± 0.30 bx	9.71± 0.83 aby
1.0	3.91± 0.22 ax	4.54± 0.69 abx	4.47± 0.48 bx	11.14± 0.64 by
5.0	2.94± 0.50 ax	5.45± 0.17 by	3.81± 0.56 bx	12.09± 0.23 bz

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

20. gün süre sonunda *O. niloticus*'un dokularında potasyum düzeyi üzerine kurşun derişimlerinin etkisi izelge 4.35'de verilmiştir. Denenen ortam derişimlerinin kas dokusu potasyum düzeyine etkisi önemsizdir. Karaciğer ve solungaç dokusu potasyum düzeyi 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde kontrole göre azalmıştır. Kurşun ortam derişimleri böbrek dokusu potasyum düzeyinin kontrole göre artmasına neden olmuştur. Böbrek dokusu potasyum düzeyleri diğer dokularla karşılaştırıldığında istatistik ayırım göstermektedir (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.35. *O. niloticus* 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	5.28± 0.45 abx	5.40± 0.19 ax	6.41± 0.69 ax	9.60± 0.27 ay
0.1	6.36± 0.47 ax	4.12± 0.59 ay	6.71± 0.23 ax	11.17± 0.37 bz
0.5	5.23± 0.50 abx	5.09± 0.43 ax	6.11± 0.10 abx	11.73± 0.21 by
1.0	4.54± 0.27 abx	5.37± 0.27 ax	5.86± 0.61 abx	12.46± 0.05 aby
5.0	4.14± 0.39 bx	5.77± 0.10 ax	4.32± 0.39 bx	13.59± 0.64 cy

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

O. niloticus'un 30. günlük süre sonunda denenen tüm kurşun derişimlerinde karaciğer potasyum düzeyi kontrole göre istatistik ayırım göstermemiştir (izelge 4.36; SNK, P<0.01). Kas, solungaç ve böbrek dokularındaki potasyum düzeyi 0.1 mgL⁻¹ ortam derişimi hariç kontrole göre istatistik önem taşımaktadır. Kurşun, kas ve böbrek dokularında potasyum düzeyi arttırırken, solungaç dokusunda ise azalmasına neden olmuştur. Dokular arasında potasyum düzeyindeki farklılık istatistik olarak önemlidir (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.36. *O. niloticus* 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	4.63± 0.27 ax	4.56± 0.39 ax	6.83± 0.23 ay	9.60± 0.24 az
0.1	4.81± 0.42 ax	5.47± 0.07 ax	6.96± 0.38 ay	10.15± 0.65 abz
0.5	4.66± 0.11 ax	7.19± 0.21 by	5.26± 0.71 by	12.03± 0.05 bcz
1.0	4.12± 0.10 ax	7.52± 0.70 by	4.84± 0.47 bx	13.20± 1.01 cz
5.0	3.94± 0.09 ax	8.55± 0.21 by	4.33± 0.12 bx	13.98± 0.53 cz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.37. *O. niloticus* 'da serum potasyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mmol/L).

SÜRE	DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	2.6 ± 0.2 xa	3.2 ± 0.34 xb	3.26 ± 0.3 xb	3.66 ± 0.1 xbc	4.06 ± 0.05 xc
20. Gün	2.6 ± 0.2 xa	4.2 ± 0.01 yb	4.4 ± 0.34 yb	4.5 ± 0.36 yb	4.6 ± 0.69 yb
30. Gün	2.6 ± 0.86 xa	2.63 ± 0.15 za	3.03 ± 0.05 yab	3.6 ± 0.11 xbc	4.03 ± 0.15 xc

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

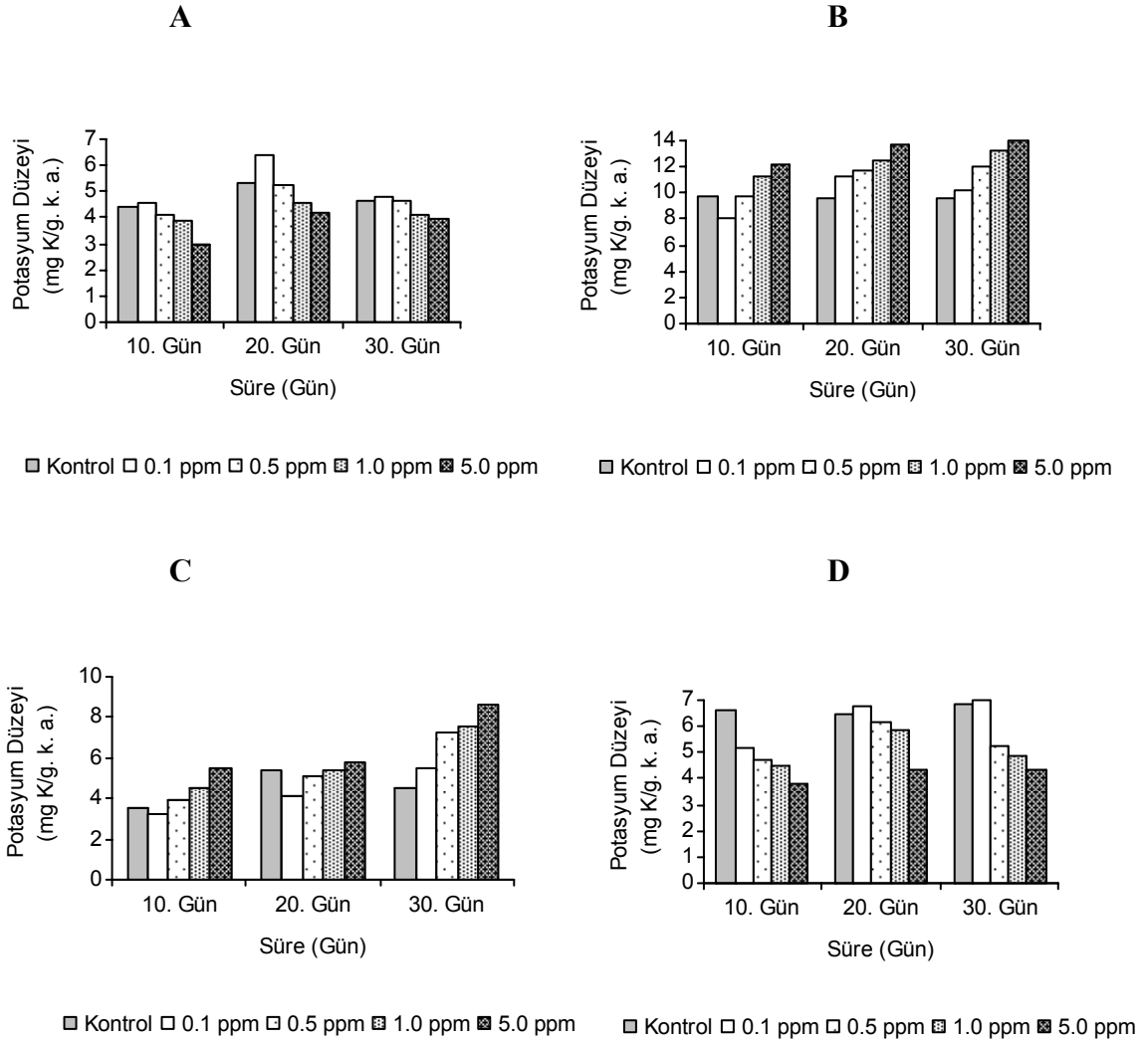
$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

O. niloticus'da serum potasyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi Çizelge 4.37'de verilmiştir. Serum potasyum düzeyi 30. gün 0.1 ve 0.5 mg PbL⁻¹ ortam derişimi hariç, tüm derişimlerde kontrole göre bir artış göstermiştir. Serum

potasyum düzeyi 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde deney süreleri arasında istatistik ayırım bulunurken, 1.0 ve 5.0 mgL⁻¹ Pb ortam derişimlerinde ise 20. gün diğer srelere göre istatistik ayırım göstermiştir (SNK, P<0.01).

Kurşun derişimlerinin süreye bağlı olarak *O. niloticus*'un farklı dokularında potasyum düzeyine etkileri Şekil 4.18 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer potasyum düzeyi 20. günde 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde kontrole göre azalmıştır (Şekil 4.18 A). Böbrek dokusunda potasyum düzeyi 10. gün 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişimi hariç diğer ortam derişimlerinde tüm sürelerde kontrole göre arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.18 B). 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde 20. günde % 41, 30. günde ise % 45 oranında bir artış olmuştur. Kas dokusu potasyum düzeyleri 30. günde 0.5, 1.0 ve 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişimlerinde sırasıyla % 25, % 38 ve % 45 düzeyinde artış saptanmıştır (Şekil 4.18 C). Solungaç potasyum düzeyleri 10. günde tüm derişimlerde kontrole göre azalmıştır. 20 ve 30. günlerde 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde solungaç potasyum düzeyinde bir değişiklik olmazken, diğer derişimlerde ise kontrole göre azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.18 D).



Şekil 4.18. *O. niloticus*'da doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.4.2. *C. carpio*'da Potasyum İyon Düzeyi

4.4.2.1. *C. carpio*'da Bakır Etkisinde Potasyum İyon Düzeyi.

C. carpio 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan potasyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.38-4.40'da verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı bakır derişiminde potasyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki potasyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student

Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.38-4.40'da verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b ve c harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum potasyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.41'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

C. carpio'da 10. gün sonunda dokularda potasyum düzeyine bakır derişiminin etkisi Çizelge 4.38'de verilmiştir. Solungaç dokusu potasyum düzeyine ortam derişiminin etkisi kontrole göre istatistik ayırım göstermektedir. Kas dokusu potasyum düzeyi 5.0 mgL^{-1} Cu ortam derişiminde kontrole göre artarken, karaciğer ve böbrek dokusu potasyum düzeyleri denenen tüm ortam derişimlerinde bir değişim göstermemiştir. Karaciğer ve kas dokusu arasındaki potasyum düzeyleri hariç diğer dokular arasındaki potasyum düzeyleri istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir (SNK, $P<0.01$).

Çizelge 4.38. *C. carpio* 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg K}^+/\text{g k.a.}$).

DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	5.12± 0.32 ax	5.89± 0.54 ax	8.69± 0.20 ay	9.35± 0.20 ay
0.1	5.50± 0.29 ax	5.27± 0.34 ax	5.45± 0.28 bx	11.28± 0.33 ay
0.5	5.54± 0.27 ax	5.82± 0.39 ax	5.39± 0.87 bx	10.31± 0.14 ay
1.0	5.96± 0.77 ax	6.84± 0.09 ax	5.22± 0.54 bx	10.11± 0.92 ay
5.0	7.14± 0.52 ax	10.82± 0.69 bx	3.99± 0.75 by	9.96± 0.16 az

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

20. gün süre sonunda *C. carpio*'nun dokularında potasyum düzeyine ortam derişimlerinin etkisi Çizelge 4.39'da verilmiştir. Denenen ortam derişimlerinin kas dokusu

potasyum düzeyine etkisi önemsizdir. Karaciğer potasyum düzeyi 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde kontrole göre artmıştır. Solungaç dokusu potasyum düzeyi 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde azalmıştır. Böbrek dokusu potasyum düzeyleri yüksek ortam derişimlerinde kontrole göre azaldığı saptanmıştır. Karaciğer, solungaç ve böbrek dokusu potasyum düzeyleri arasında önemli istatistik ayırım bulunmaktadır (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.39. *C. carpio* 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	7.48± 0.14 ax	7.32± 0.15 ax	8.87± 0.58 ay	12.64± 0.42 az
0.1	8.66± 0.35 ax	9.17± 0.75 ax	7.10± 0.36 cy	10.39± 0.10 ay
0.5	8.78± 0.18 ax	9.42± 0.57 ax	7.50± 0.53 abx	9.57± 0.69 bx
1.0	11.49± 0.54 bx	9.87± 1.34 axy	6.90± 0.25 by	8.81± 0.23 bx

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x ve y harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30. gün süre sonunda solungaç ve böbrek dokusu potasyum düzeyi 0.5 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde kontrole göre azalırken karaciğer dokusu potasyum düzeyinde herhangi bir değişim saptanmamıştır (izelge 4.40; SNK, P<0.01). Kas dokusu potasyum düzeyleri tüm ortam derişimlerinde kontrole göre bir artma gözlenmiştir. Dokular arasındaki potasyum düzeyi istatistik olarak önemlidir.

Çizelge 4.40 *C. carpio* 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$
0.0	5.15± 0.01 ax	6.60± 0.01 ay	8.80± 0.01 az	13.39± 0.36 at
0.1	5.89± 1.29 ax	9.44± 0.01 by	8.54± 0.10 aby	13.22± 0.72 az
0.5	6.12± 0.51 ax	11.62± 0.02 cy	7.74± 0.38 bx	10.23± 0.92 by

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.41. *C. carpio* 'da serum potasyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L.).

SÜRE	DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$
10. Gün	2.83 ± 0.28 xa	3.0 ± 0.0 xa	3.66 ± 0.76 xab	4.03 ± 1.0 xab	4.66 ± 0.57 xb
20. Gün	3.0 ± 0.0 xa	4.1 ± 0.0 yb	4.7 ± 0.43 xc	5.13 ± 0.11 yd	-
30. Gün	3.0 ± 0.0 xa	3.66 ± 0.57 ya	4.66 ± 1.15 xa	-	-

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

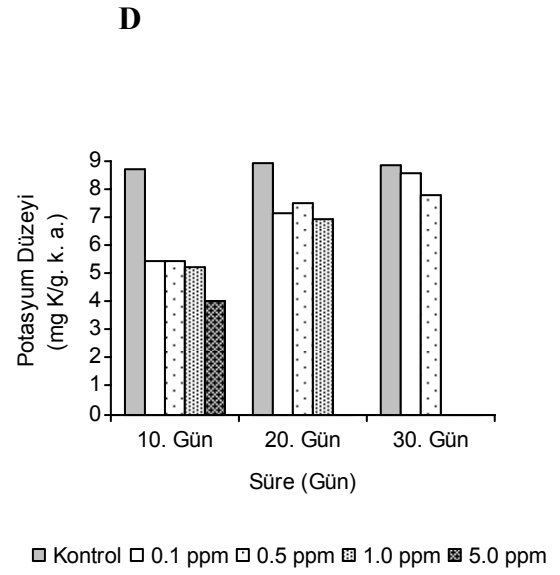
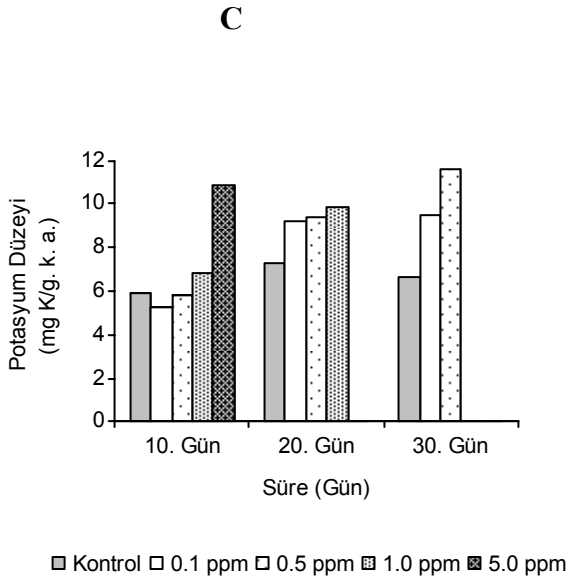
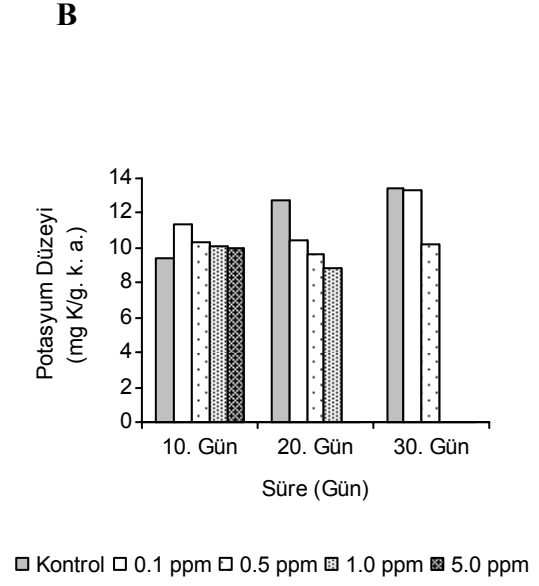
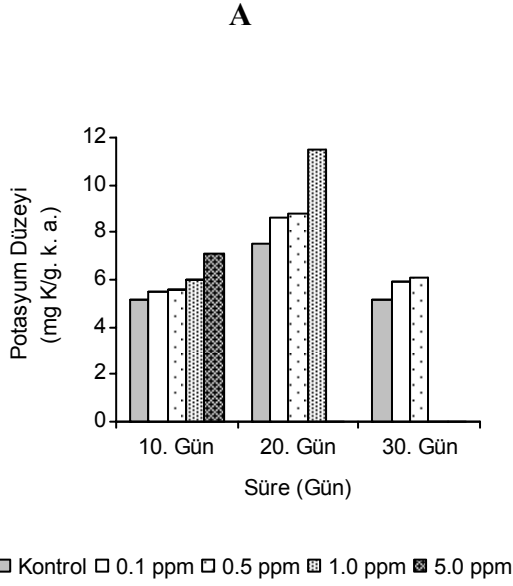
$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

C. carpio'da serum potasyum düzeyine bakır ortam derişimlerinin ve sürenin etkisi Çizelge 4.41'de verilmiştir. 10. günde 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde ve 20. günde tüm derişimlerde serum potasyum düzeyi kontrole göre istatistik ayırım gösterirken, 30. günde ise tüm ortam derişimlerinde kontrole göre istatistik ayırım göstermemiştir. Serum

potasyum düzeyine deney sürelerinin etkisi dikkate alındığında 0.5 mg CuL⁻¹ ortam derişimi hariç, 10. gün ile diğer süreler arasında istatistik ayırım vardır (SNK, P<0.01).

Bakır derişimlerinin süreye bağlı olarak *C. carpio*'nun farklı dokularında potasyum düzeyine etkileri Şekil 4.19 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer potasyum düzeyi 20. günde yüksek ortam derişimlerinde kontrole göre bir artış göstermiştir. 20. günde 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde potasyum düzeyi kontrole göre % 53 oranında artmıştır (Şekil 4.19 A). Böbrek dokusu potasyum düzeyi 10. günde tüm ortam derişimlerinde herhangi bir değişiklik göstermezken, 20 ve 30. günlerde ise yüksek derişimlerde kontrole göre bir azalma göstermiştir (Şekil 4.19 B). Kas dokusu potasyum düzeyi 10. günde 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde ve 30. günde tüm artış göstermiştir (Şekil 4.19 C). Kas dokusu potasyum düzeyindeki bu artış sürenin uzamasıyla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Solungaç dokusu potasyum düzeyi 30. günde 0.1 mgL⁻¹ Cu ortam derişimi hariç tüm ortam derişimi ve sürelerde kontrole göre bir azalma göstermiştir (Şekil 4.19 D).



Şekil 4.19. *C. carpio*'da doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: SolungaÇ).

4.4.2.2. *C. carpio*'da Kurşun Etkisinde Potasyum İyon Düzeyi.

C. carpio 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan potasyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.42-4.44'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı kurşun derişiminde potasyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki potasyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.42-4.44'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y ve z harfleri doku ve organlardaki, a ve b harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum potasyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.45'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

10 günlük süre sonunda *C. carpio*'nun dokularında potasyum düzeyine kurşun derişimlerinin etkisi Çizelge 4.42'de verilmiştir. Denenen tüm ortam derişimlerinin tüm doku ve organlardaki potasyum düzeyine etkisi istatistik olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Böbrek potasyum düzeyi diğer dokulara göre istatistik ayrım göstermiştir (SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.42. *C. carpio* 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	5.60± 0.60 ax	5.90± 0.03 ax	4.63± 0.08 ax	8.51± 0.31 ay
0.1	3.76± 0.13 ax	6.13± 1.16 axy	5.02± 0.15 ax	7.93± 0.49 ay
0.5	4.51± 0.46 ax	4.18± 0.21 ax	4.51± 0.74 ax	9.63± 0.48 ay
1.0	4.71± 0.17 ax	4.70± 0.18 ax	5.09± 0.55 ax	9.96± 0.54 ay
5.0	4.72± 0.88 ax	4.10± 0.81 ax	5.73± 0.05 ax	10.04± 0.44 ay

* : a derişimleri belirlemek; x ve y harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

C. carpio'da 20 günlük süre sonunda böbrek dokusu potasyum düzeyi 1.0 ve 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişimlerinde kontrole göre önemli bir artma gözlenmiştir (Çizelge 4.43; SNK, P<0.01). Diğer dokularda ise potasyum düzeyinde kontrole göre her hangi bir değişim saptanmamıştır. Böbrek potasyum düzeyi 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişimi hariç denenen tüm derişimlerde kas, karaciğer ve solungaç dokusu potasyum düzeyinden istatistik ayırım göstermektedir.

Çizelge 4.43. *C. carpio* 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	5.19± 0.66 ax	7.73± 1.74 ax	4.51± 0.14 ax	6.55± 0.34 ax
0.1	3.96± 0.31 ax	6.29± 0.79 ax	5.58± 1.02 ax	6.89± 0.83 ax
0.5	4.59± 0.10 ax	5.17± 0.59 ax	5.03± 0.63 ax	7.52± 0.44 aby
1.0	4.99± 0.44 ax	5.10± 0.12 ax	6.66± 0.31 ay	8.98± 0.59 bz
5.0	5.95± 0.60 ax	5.00± 0.01 ax	6.28± 0.17 ax	9.52± 0.15 by

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30. gün süre sonunda *C. carpio*'nun dokularında potasyum düzeyine kurşun ortam derişimlerinin etkisi Çizelge 4.44'de verilmiştir. Kas dokusu potasyum düzeyi tüm ortam derişimlerinde kontrole göre azalırken, böbrek potasyum düzeyi ise artmıştır. Karaciğer ve solungaç potasyum düzeyinde kontrole göre bir değişiklik olmadığı saptanmıştır. Böbrek dokusu potasyum düzeyi diğer dokulara göre önemli istatistik ayırım göstermiştir (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.44 *C. carpio* 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine etkisi (mg K⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Kas	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	5.20± 0.01 ay	6.63± 0.01 az	3.31± 0.05 ax	6.60± 0.01 az
0.1	3.29± 0.32 ax	4.31± 0.08 bx	3.99± 0.46 ax	7.94± 0.24 by
0.5	3.97± 0.54 ax	3.67± 0.48 bx	4.65± 0.58 ax	8.00± 0.01 by
1.0	4.61± 0.80 ax	3.43± 0.19 bx	5.01± 0.04 ax	8.90± 0.56 by
5.0	5.73± 0.61 ax	3.39± 0.18 by	5.39± 0.71 ax	8.84± 0.07 bz

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.45. *C. carpio* 'da serum potasyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mmol/L.).

SÜRE	DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	3.13 ± 0.11 xa	2.53 ± 0.3 xb	2.20 ± 0.0 xc	2.0 ± 0.0 xc	1.80 ± 0.01 xd
20. Gün	3.53 ± 0.46 xa	3.1 ± 0.1 yb	2.76 ± 0.05 xybc	2.43 ± 0.11 ybc	2.06 ± 0.11 xycd
30. Gün	3.73 ± 0.15 xa	3.06 ± 0.15 yb	2.36 ± 0.35 yc	2.1 ± 0.17 xcd	1.90 ± 0.01 yd

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirli bir sürede artan kurşun ortam derişiminin serum potasyum düzeyine etkisi dikkate alındığında, tüm ortam derişimlerinde serum potasyum düzeyi kontrole göre istatistik ayırım göstermektedir (Çizelge 4.45; SNK, P<0.01). Serum potasyum düzeyi kontrole göre genelde azaldığı belirlenmiştir. Serum potasyum düzeyine sürenin etkisi

dikkate alındığında 30. gün 1.0 mg PbL⁻¹ ortam derişimi hariç 10. gün ile diğer süreler arasında istatistik ayırım vardır.

Kurşun derişimlerinin süreye bağılı olarak *C. carpio*'nun farklı dokularında potasyum düzeyine etkileri Şekil 4.20 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer potasyum düzeyi 20. ve 30. günlerde 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişim hariç denenen tüm derişimlerde ve sürelerde kontrole göre bir azalma göstermiştir. Fakat bu azalma istatistik olarak önemli olmadığı saptanmıştır (Şekil 4.20 A).

Böbrek dokusu potasyum düzeyi 10. gün hariç tüm derişim ve sürelerde kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.20 B). 20. günde 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde potasyum düzeyindeki artış % 45 oranında olmuştur.

Kas dokusu potasyum düzeyi 30. günde denenen tüm derişimlerde kontrole göre azalmıştır (Şekil 4.20 C). Bu azalma 10. güne oranla 30. günde daha yüksek olmuştur.

Solungaç dokusu potasyum düzeyi 30. günde tüm derişimlerde kontrole göre artmıştır (Şekil 4.20 D). Ancak bu artış istatistik olarak önemli olmadığı saptanmıştır.

Bakır derişimlerinin potasyum düzeyine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, *C. carpio*'da karaciğer potasyum düzeyi 20. günde yüksek ortam derişimlerinde kontrole göre arttığı halde, *O. niloticus*'da 30. günde kontrole göre düşük derişimlerde artış olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.21 A).

O. niloticus'un böbrek dokusunda potasyum düzeyi yüksek bakır ortam derişimlerinde ve tüm sürelerde kontrole göre artarken, *C. carpio*'da 20 ve 30 gün denenen yüksek ortam derişimlerinde bir azalmanın olduğu saptanmıştır (Şekil 4.21 B).

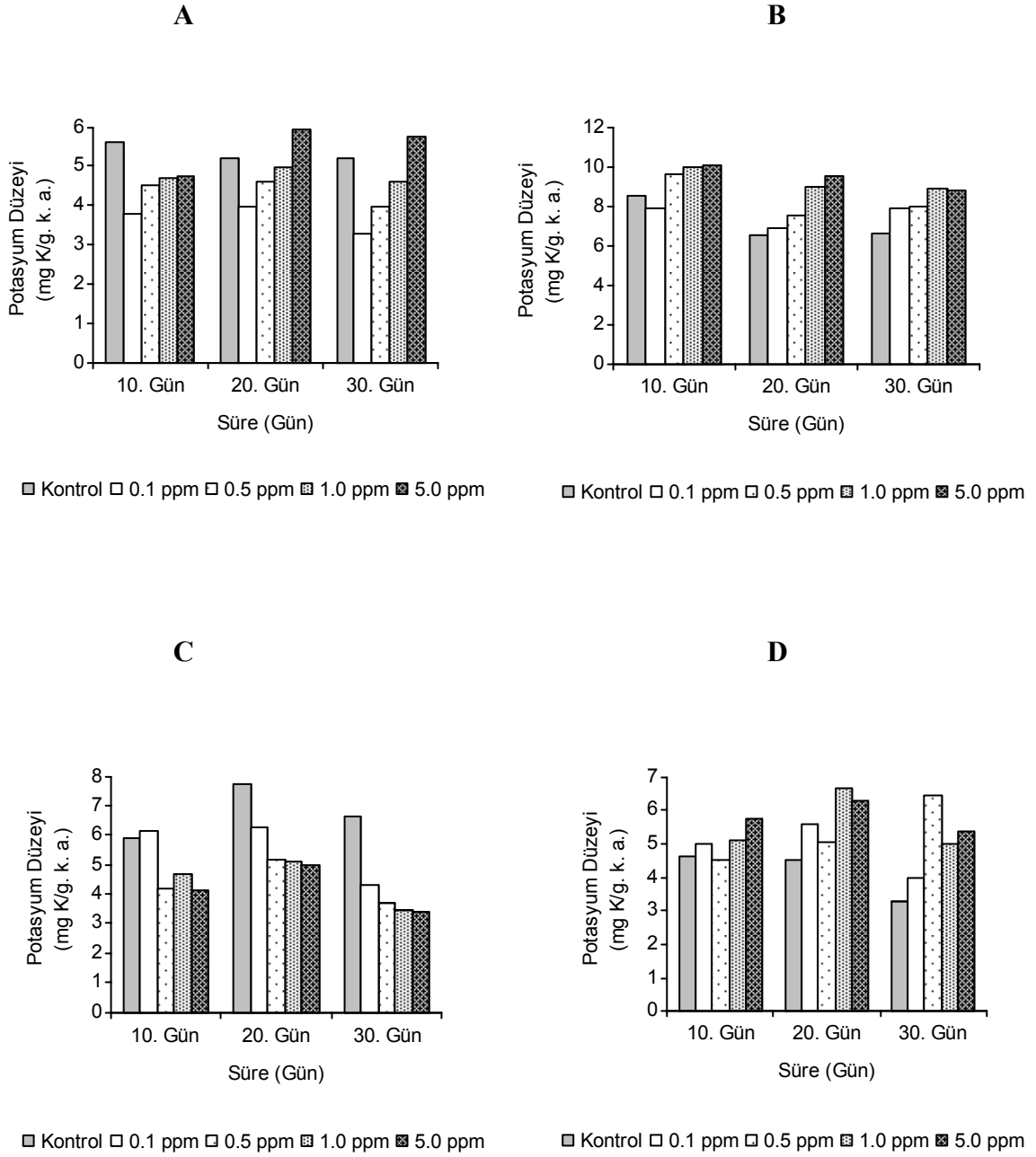
C. carpio'nun kas dokusu potasyum düzeyi 10 ve 30 günde yüksek bakır ortam derişimlerinde kontrole göre genelde arttığı gözlenmiştir. *O. niloticus*'un kas potasyum düzeyi 20 günde 1.0 ve 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde genelde azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.21 C).

Bakırın etkisindeki *C. carpio*'nun solungaç potasyum düzeyi 30. gün 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişimi hariç, kontrole göre azaldığı saptanırken, *O. niloticus*'da 10. gün 5.0 mg CuL⁻¹ hariç genelde bir değişimin olmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.21 D).

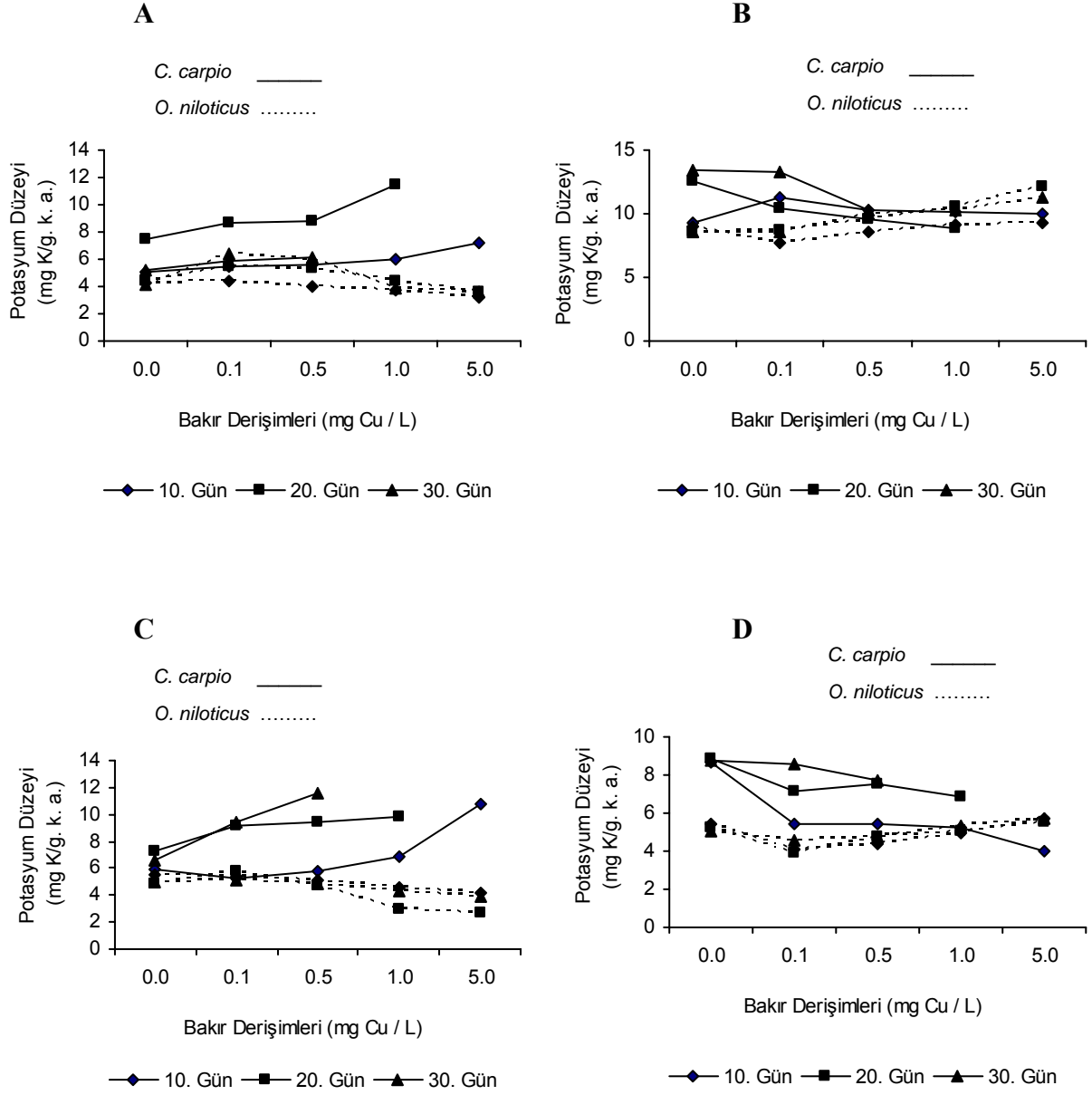
Kurşun derişimlerinin potasyum düzeyine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, *C. carpio*'da karaciğer potasyum düzeyi denenen tüm süre ve derişimlerde kontrole göre bir değişiklik göstermezken, *O. niloticus*'da 20. gün yüksek derişimlerde azalma gözlenmiştir (Şekil 4.22 A).

C. carpio ve *O. niloticus* böbrek potasyum düzeyleri 10. gün 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişimi hariç, denenen tüm koşullarda kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.22 B). Kas dokusu potasyum düzeyi *C. carpio*'da 30. günde tüm ortam derişimlerinde kontrole göre azalırken, *O. niloticus*'da 10 ve 30. günlerde kontrole göre bir miktar artma gözlenmiş, 20. günde ise bir değişikliğin olmadığı saptanmıştır (Şekil 4.22 C).

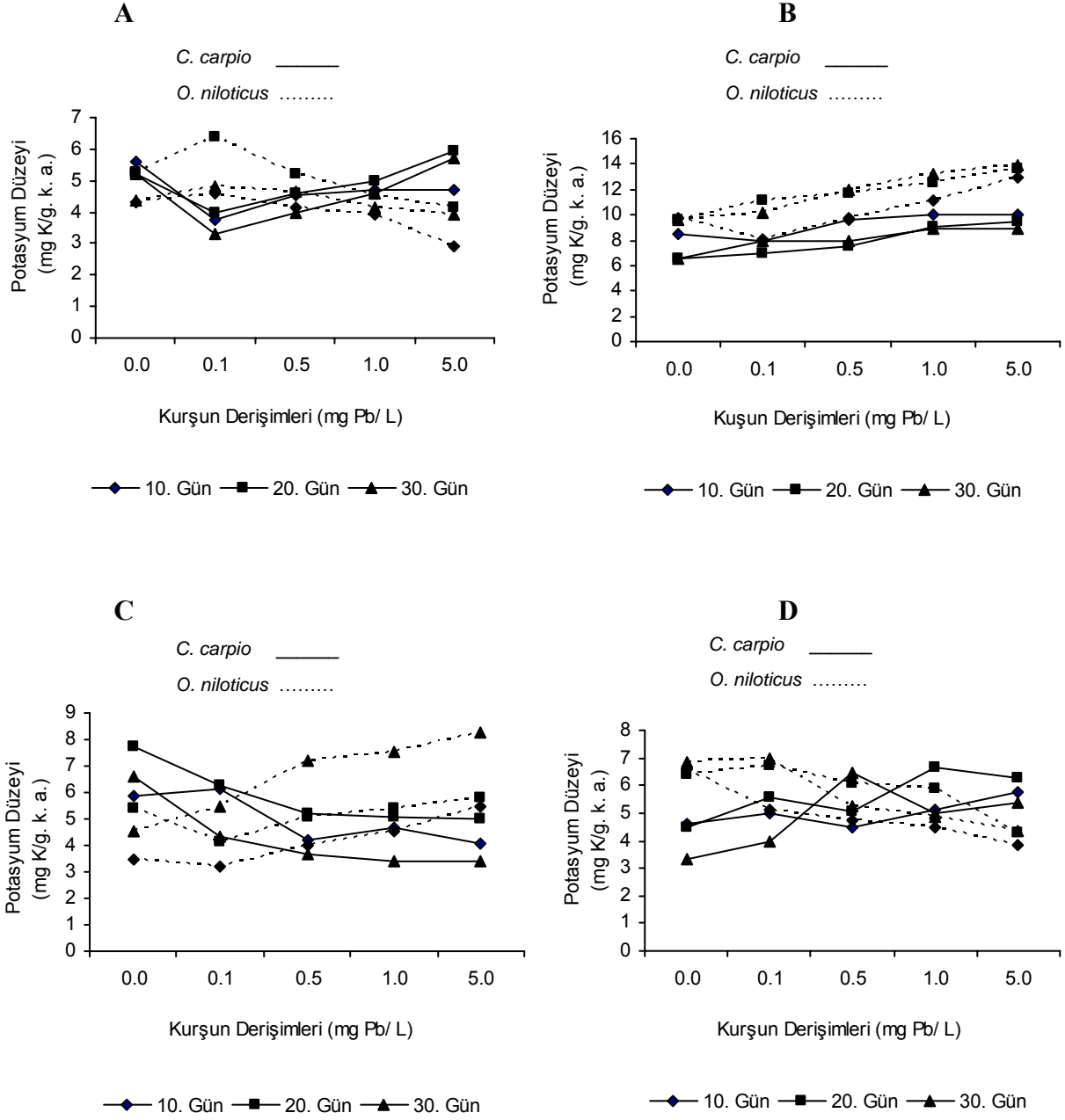
C. carpio solungaç potasyum düzeyleri denenen tüm koşullarda kontrole göre bir değişiklik göstermemiş, *O. niloticus*'da ise 20 ve 30. günde 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişimi hariç, diğer ortam derişimlerinde azalma belirlenmiştir (Şekil 4.22 D).



Şekil 4.20. *C. carpio*'da doku ve organlarda potasyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: SolunĐaç).



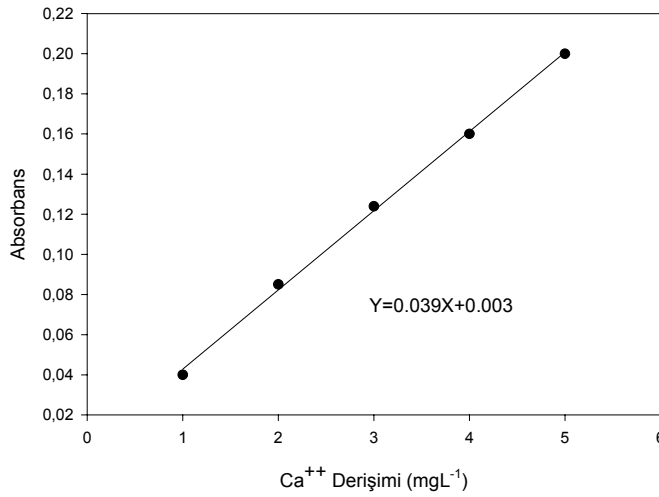
Şekil 4.21. *C. carpio* ve *O. niloticus*'da bakırın doku ve organlardaki potasyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).



Şekil 4.22. *C. carpio* ve *O. niloticus*'da kurşunun doku ve organlardaki potasyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.5. DOKULARDA Ca⁺⁺ İYON DÜZEYLERİ

O. niloticus ve *C. carpio* dokularında kalsiyum düzeylerini saptamak amacıyla kalsiyum standartları ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.23). Kalsiyum standartlarının absorbans değerlerinden $Y=0.039X+0.003$ formülü elde edilmiştir. Burada X kalsiyum derişimini, Y absorbansı göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki kalsiyum düzeyleri bu regresyon formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.23. Kalsiyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.

4.5.1. *O. niloticus* 'da Kalsiyum İyonu Düzeyi

4.5.1.1. *O. niloticus*'da Bakır Etkisinde Kalsiyum İyon Düzeyi.

O. niloticus 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan kalsiyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.46-4.48'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı bakır derişiminde kalsiyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki kalsiyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.46-4.48'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla

kullanılmıştır. Serum kalsiyum iyon düzeyleri ise izelge 4.49'da verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

10 günlük süre sonunda *O. niloticus*'un dokularında kalsiyum düzeyi üzerine bakır derişimlerinin etkisi izelge 4.46'da verilmiştir. Böbrek dokusu 0.1 mg CuL^{-1} ortam derişimi hariç, denenen ortam derişimlerinin böbrek ve kas dokusunda kalsiyum düzeyine etkisi önemsizdir. Karaciğer ve solungaç dokusu kalsiyum düzeyi kontrole göre arttığı belirlenmiştir. Doku ve organlar arasında kalsiyum düzeyi bakımından önemli istatistik ayırım vardır (SNK, $P<0.01$).

Çizelge 4.46. *O. niloticus* 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi ($\text{mg Ca}^{++}/\text{g k.a.}$).

DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})	ORGAN			
	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.74± 0.03 ax	3.80± 0.49 ay	10.26± 0.11 az	14.63± 0.29 at
0.1	1.59± 0.33 bx	3.77± 0.40 ay	14.81± 0.55 bz	24.72± 0.60 dt
0.5	0.66± 0.11 ax	3.02± 0.43 ay	15.5± 0.21 bcz	22.88± 0.75 ct
1.0	0.46± 0.09 ax	2.37± 0.24 ay	16.30± 0.44 cz	21.69± 0.49 ct
5.0	0.37± 0.01 ax	2.31± 0.01 ay	16.16± 0.07 cz	19.48± 0.63 bt

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

O. niloticus'da 20 günlük süre sonunda karaciğer ve böbrek dokusu 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimi hariç denenen tüm bakır derişimlerinde karaciğer, böbrek ve solungaç dokusu kalsiyum düzeyleri kontrole göre istatistik ayırım göstermektedir (izelge 4.47; SNK, $P<0.01$). Kas dokusu kalsiyum düzeyi 1.0 ve 5.0 mg CuL^{-1}

ortam derişimlerinde kontrole göre azalmıştır. Doku ve organlar arasında kalsiyum düzeyi bakımından önemli istatistik ayırım bulunmaktadır.

Çizelge 4.47. *O. niloticus* 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Böbrek	Kas	Solungaç	Karaciğer
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.61± 0.01 ax	4.36± 0.65 by	11.05± 0.34 az	14.85± 0.28 at
0.1	1.77± 0.01 cx	4.66± 0.71 by	15.16± 0.06 bz	26.96± 1.17 ct
0.5	1.71± 0.01 cx	3.61± 0.34 by	14.63± 0.12 bz	24.34± 0.76 ct
1.0	1.31± 0.17 bx	1.39± 0.26 ax	16.34± 0.62 cy	19.43± 0.32 bz
5.0	0.52± 0.04 ax	1.82± 0.54 ay	17.16± 0.16 cz	14.31± 0.54 at

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30 gün sonunda *O. niloticus*'un dokularında kalsiyum düzeyine bakır derişimlerinin etkisi izelge 4.48'de verilmiştir. Karaciğer, böbrek ve solungaç dokularındaki kalsiyum düzeyleri kontrole kıyaslandığında önemli istatistik ayırım gösterdiği saptanmıştır. Denenen ortam derişimlerinin kas dokusunda kalsiyum düzeyine etkisi önemsizdir. Doku ve organlar arasında kalsiyum düzeyi bakımından önemli istatistik ayırım vardır (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.48. *O. niloticus* 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Böbrek	Kas	Solungaç	Karaciğer
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.67± 0.08 bx	3.94± 0.48 ay	10.97± 0.28 az	15.09± 0.52 ct
0.1	0.57± 0.08 abx	3.04± 0.01 ay	12.17± 0.01 bz	13.76± 0.58 bt
0.5	0.43± 0.02 ax	3.83± 0.01 ay	13.23± 0.07 ct	11.24± 0.15 az
1.0	0.39± 0.01 ax	3.44± 0.26 ay	14.47± 0.1 dt	10.03± 0.01 az
5.0	0.38± 0.01 ax	2.59± 0.66 ay	15.2± 0.09 et	9.90± 0.29 az

* : a, b, c, d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.49. *O. niloticus* 'da serum kalsiyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mg/dL).

SÜRE	DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	2.48 ± 0.02 xa	2.41 ± 0.09 xa	2.39 ± 0.06 xa	2.36 ± 0.03 xa	4.77 ± 0.1 xb
20. Gün	2.5 ± 0.01 xa	2.45 ± 0.03 xa	2.42 ± 0.1 xa	2.38 ± 0.01 xa	4.40 ± 0.34 xb
30. Gün	2.51 ± 0.01 xa	2.45 ± 0.01 xa	2.0 ± 0.05 yb	1.86 ± 0.01 yc	1.54 ± 0.06 yd

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirli bir sürede artan bakır ortam derişiminin serum kalsiyum düzeyine etkisi dikkate alındığında, 10 ve 20. günlerde 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde serum kalsiyum düzeyi kontrole göre artmıştır. 30. günde ise 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişimi hariç, diğer ortam derişimlerinde serum kalsiyum düzeyi kontrole göre istatistik

ayrım göstermiştir (izelge 4.49; SNK, $P < 0.01$). Serum kalsiyum düzeyi bakımından 0.1 mg CuL^{-1} ortam derişimi hariç, 30. gün ile diğer süreler arasında istatistik ayrım vardır.

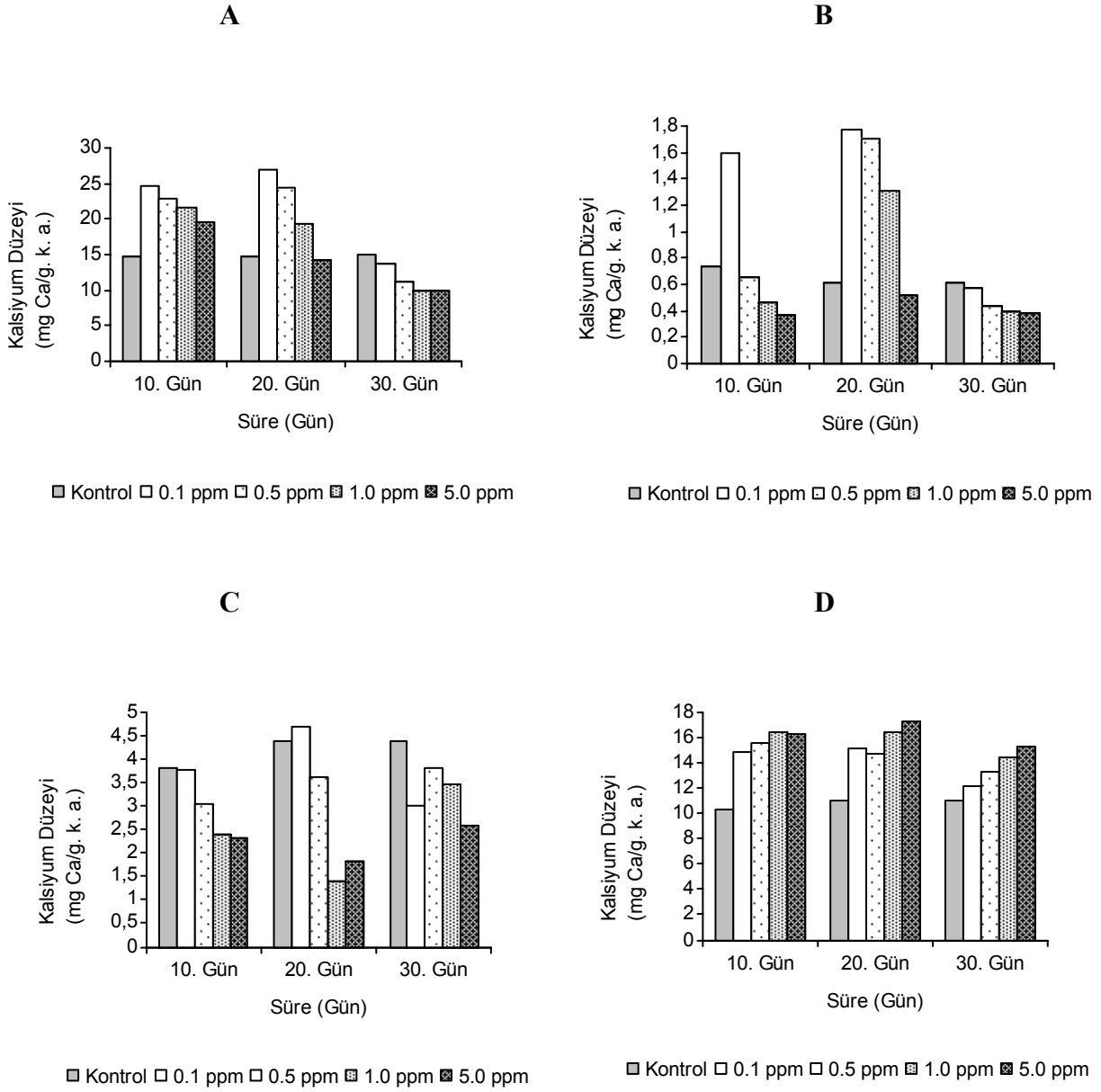
Bakır derişimlerinin süreye bağlı olarak *O. niloticus*'un farklı dokularında kalsiyum düzeyine etkisi Şekil 4.24 A, B, C ve D'de verilmiştir.

Karaciğer kalsiyum düzeyi 20. günde 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimi hariç denenen tüm ortam derişimlerinde 10 ve 20 günlük sürelerde kontrole göre artarken, 30. günde ise azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.24 A). 10. gün süre sonunda 0.1 , 0.5 , 1.0 ve 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde kalsiyum düzeyi kontrole göre sırasıyla % 68, % 56, % 48 ve % 33 oranlarında artmıştır.

Böbrek dokusunda kalsiyum düzeyi 10. günde 0.1 mgL^{-1} , 20. günde ise 0.1 , 0.5 ve 1.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde kontrole göre artarken, aynı sürelerde diğer derişimler ve 30. gündeki tüm derişimlerde kontrole göre azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.24 B).

Kas dokusu kalsiyum düzeyi 20. gün 1.0 ve 5.0 mg Cu /L ortam derişimlerinde kontrole göre azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.24 C). 20. gün 1.0 mg/L Cu ortam derişimindeki azalma % 68 oranında olmuştur.

Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi denenen tüm koşullarda kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.25 D). 10. gün sonunda 0.1 , 0.5 , 1.0 ve 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde kalsiyum düzeyindeki artış sırasıyla % 46, % 50, % 61 ve % 58 oranlarında olmuştur.



Şekil 4.24. *O. niloticus*'da doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.5.1.2. *O. niloticus*'da Kurşun Etkisinde Kalsiyum İyon Düzeyi.

O. niloticus 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan kalsiyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.50-4.52'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı kurşun derişiminde kalsiyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki kalsiyum düzeylerine etkisi SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.50-4.52'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c ve d harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum kalsiyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.53'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

10. gün süre sonunda *O. niloticus*'un dokularında kalsiyum düzeyine kurşun derişimlerinin etkisi Çizelge 4.50'de verilmiştir. Kas dokusu kalsiyum düzeyinde kontrole göre bir değişiklik olmazken, böbrek dokusu kalsiyum düzeyleri 1.0 ve 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişimlerinde artmıştır. Solungaç ve karaciğer kalsiyum düzeyleri ile kontrol balıkları kalsiyum düzeyleri arasında istatistik ayrım vardır. Böbrek ve kas dokusu arasındaki kalsiyum düzeyi hariç, dokular arasındaki kalsiyum düzeyi istatistik olarak önemli olduğu saptanmıştır (SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.50. *O. niloticus* 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Böbrek	Kas	Solungaç	Karaciğer
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.71± 0.01 ax	2.61± 0.20 ax	13.65± 1.39 ay	16.24± 0.069 az
0.1	0.78± 0.02 ax	2.17± 0.48 ax	18.92± 2.01 by	18.66± 1.21 by
0.5	0.96± 0.13 ax	2.08± 0.01 ax	19.3± 2.02 by	19.55± 0.52 by
1.0	1.73± 0.09 bx	1.85± 0.33 ax	20.10± 0.03 by	23.78± 0.69 cz
5.0	1.48± 0.09 bx	1.34± 0.13 ax	23.54± 0.40 by	37.87± 0.69 dz

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Kurşunun etkisinde *O. niloticus*'da 20 günlük süre sonunda kas ve solungaç dokusu kalsiyum düzeyi kontrole göre istatistik ayrım göstermiştir (Çizelge 4.51; SNK, P<0.01). Böbrek ve karaciğer dokusu kalsiyum düzeyi 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde kontrole göre arttığı belirlenmiştir. Böbrek, karaciğer ve solungaç dokuları kalsiyum düzeyleri arasında istatistik ayrım önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.51. *O. niloticus* 'da 20 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Böbrek	Kas	Solungaç	Karaciğer
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.73± 0.02 ax	3.19± 0.11 ay	17.19± 0.75 at	15.84± 0.14 az
0.1	0.88± 0.04 ax	2.19± 0.07 bx	18.94± 0.67 bz	17.53± 0.62 ay
0.5	0.73± 0.09 ax	2.15± 0.01 bx	20.00± 0.12 bz	16.38± 1.71 ay
1.0	0.86± 0.03 ax	2.12± 0.02 by	22.93± 0.56 ct	17.15± 0.42 az
5.0	1.33± 0.16 bx	2.04± 0.06 bx	23.45± 0.13 cy	23.9± 0.88 by

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30 gün sonunda *O. niloticus*'un dokularında kalsiyum düzeyi üzerine kurşun derişimlerinin etkisi izelge 4.52'de verilmiştir. Böbrek dokusu 0.1 ve 0.5 mg PbL⁻¹ ortam derişimleri hariç, tüm dokularda denenen ortam derişimlerinin kalsiyum düzeyine etkisi kontrole göre istatistik olarak önem taşımaktadır. Dokular arasındaki kalsiyum düzeyi istatistik olarak önemli olduğu saptanmıştır (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.52. *O. niloticus* 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Böbrek	Kas	Solungaç	Karaciğer
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.50± 0.01 ax	2.72± 0.24 aby	16.53± 0.14 az	16.30±0.01 az
0.1	0.51± 0.01 ax	3.36± 0.24 by	20.23± 0.04 bz	29.69± 0.29 ct
0.5	0.53± 0.01 ax	3.09± 0.23 aby	22.35± 0.23 cz	30.8± 0.68 ct
1.0	0.63± 0.01 bx	2.23± 0.36 by	23.65± 0.52 dz	35.47± 0.15 dt
5.0	1.11± 0.01 cx	2.15± 0.01 ay	24.37± 0.21 dz	24.9± 1.72 bz

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirli bir sürede artan kurşun ortam derişiminin serum kalsiyum düzeyine etkisi dikkate alındığında, tüm ortam derişimlerinde serum kalsiyum düzeyi kontrole göre istatistik ayrım göstermiştir (izelge 4.53; SNK, P<0.01). Serum kalsiyum düzeyi kontrole göre genelde bir dş göstermiştir. Serum kalsiyum düzeyine sürenin etkisi dikkate alındığında, 20 ve 30. günlerde serum kalsiyum düzeyi 10. güne göre istatistik ayrım göstermektedir.

Çizelge 4.53. *O. niloticus* 'da serum kalsiyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mg/dL).

SÜRE	DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	2.64 ± 0.06 xa	2.57 ± 0.01 xab	2.56 ± 0.02 xab	2.53 ± 0.01 xb	2.52 ± 0.06 xb
20. Gün	2.53 ± 0.14 xa	1.71 ± 0.07 yb	1.57 ± 0.01 ybc	1.53 ± 0.0 ybc	1.38 ± 0.1 yc
30. Gün	2.5 ± 0.08 xa	1.7 ± 0.01 yb	1.62 ± 0.04 ybc	1.54 ± 0.02 yc	1.45 ± 0.05 yd

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Kurşun derişimlerinin süreye bağlı olarak *O. niloticus*'un farklı dokularında kalsiyum düzeyine etkileri Şekil 4.25 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

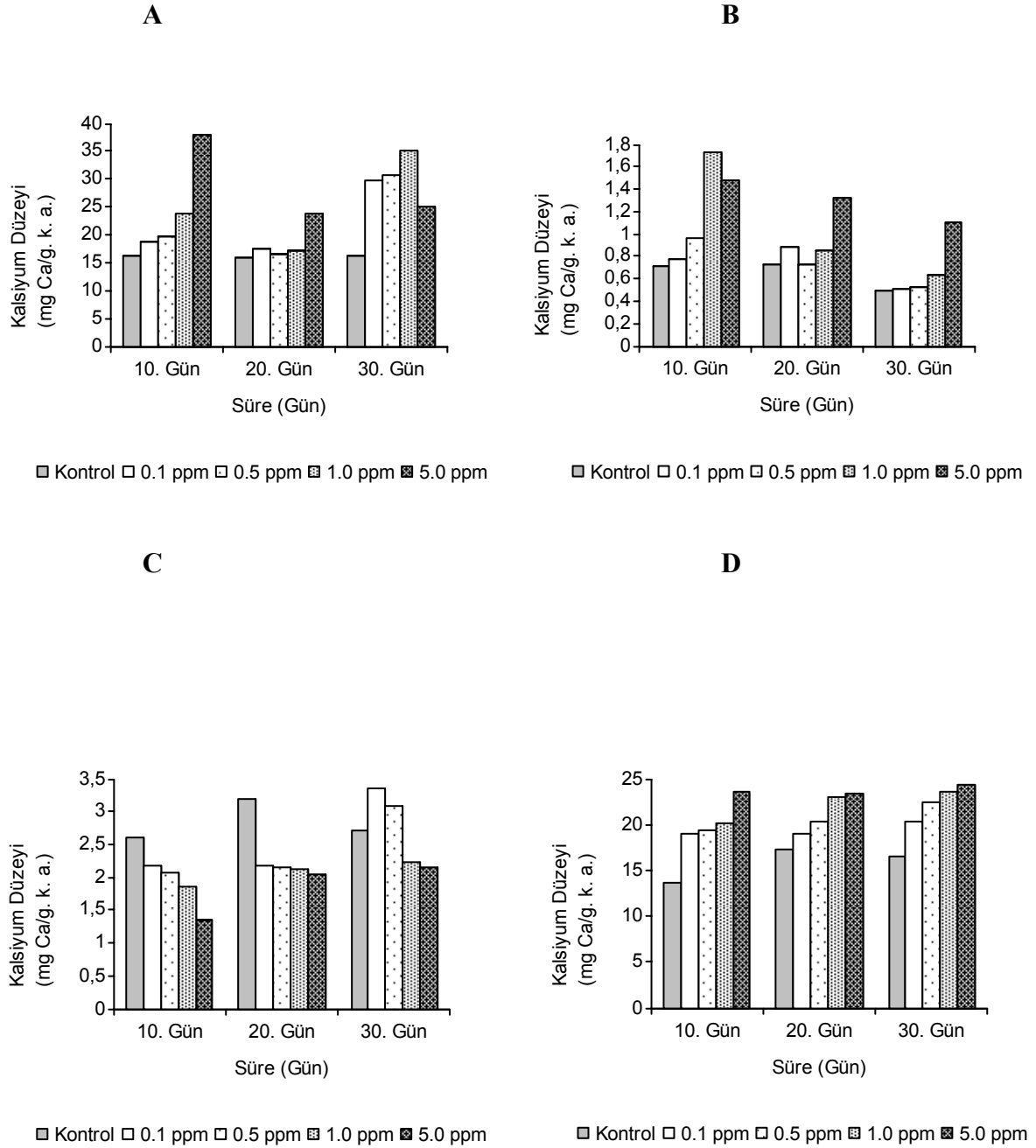
Karaciğer kalsiyum düzeyleri 20. gün 0.1, 0.5 ve 1.0 mg CuL⁻¹ hariÇ tüm ortam derişimlerinde her c sürede de kontrole göre arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.25 A). Etkide kalınan sürenin artmasıyla karaciğer kalsiyum düzeyinde arttığı saptanmıştır.

Böbrek dokusu kalsiyum düzeyleri denenen yüksek ortam derişimlerinde ve denenen tüm sürelerde kontrole göre artış göstermiştir (Şekil 4.25 B). 10. günde 1.0 ve 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişimlerinde sırasıyla % 147 ve % 111 oranlarında olmuştur.

Kas dokusu kalsiyum düzeyleri 10. gün tüm derişimlerinde ve 30. gün 0.1 ve 0.5 mg PbL⁻¹ ortam derişimleri hariÇ, diğer tüm derişim ve sürelerde kontrole göre azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.25 C). Kas dokusunda kalsiyum düzeyindeki azalma yüksek derişimlerde daha fazla olmuştur.

SolungaÇ dokusu kalsiyum düzeyi denenen tüm süre ve derişimlerde kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.25 D). 10. günde 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 mg PbL⁻¹ ortam

değişimlerinde sırasıyla % 38, % 41, % 46 ve % 68 dolayında bir azalma olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.25. *O. niloticus*'da doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.5.2. *C. carpio* 'da Kalsiyum iyonu Düzeyi

4.5.2.1. *C. carpio* 'da Bakır Etkisinde Kalsiyum İyon Düzeyi.

C. carpio 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan kalsiyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.54-4.56'da verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı bakır derişiminde kalsiyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki kalsiyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.54-4.56'da verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c ve d harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum kalsiyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.57'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

C. carpio'nun dokularında kalsiyum düzeyi üzerine bakır derişimlerinin etkisi Çizelge 4.54'de verilmiştir. Karaciğer kalsiyum düzeyi 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişiminde kontrole göre artarken, diğer derişimlerde her hangi bir değişim gözlenmemiştir. Böbrek dokusu kalsiyum düzeyi tüm derişimlerde kontrole göre istatistik ayırım göstermiştir. Kas ve solungaç dokusu kalsiyum düzeyleri 0.5 ve 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde kontrole göre arttığı belirlenmiştir. Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi diğer dokularla kıyaslandığında istatistik ayırımın önemli olduğu saptanmıştır (SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.54. *C. carpio* 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.18± 0.01 ax	0.32± 0.04 ay	1.03± 0.02 az	20.59± 0.22 at
0.1	0.23± 0.01 ax	0.50± 0.01 bx	1.28± 0.02 ax	22.91± 1.09 aby
0.5	0.15± 0.01 ax	0.45± 0.01 bx	4.34± 0.29 by	25.67± 0.46 bz
1.0	0.25± 0.01 ax	0.89± 0.04 cx	2.09± 0.05 ax	23.08± 1.18 aby
5.0	0.54± 0.05 bx	0.95± 0.01 cx	9.35± 0.56 cy	24.87± 0.73 bz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Bakırın etkisinde 20 günlük süre ile bırakılan *C. carpio*'nun dokularındaki kalsiyum düzeyi kontrole göre istatistik ayırım göstermiştir (izelge 4.55; SNK, P<0.01). Genelde bakır dokularda kalsiyum düzeyini arttırmıştır. Böbrek ve karaciğer kalsiyum düzeyleri arasında 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde önemli istatistik ayırım bulunurken, diğer dokular arasında hemen tüm derişimlerde istatistik ayırım önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.55. *C. carpio* 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.26± 0.01 ax	0.44± 0.06 ax	3.61± 0.04 ay	29.40± 1.09 az
0.1	0.74± 0.01 bx	1.28± 0.08 by	8.05± 0.28 bz	32.20± 0.08 bt
0.5	1.19± 0.05 cx	1.44± 0.18 bx	11.26± 0.59 cy	36.01± 0.70 cz
1.0	2.31± 0.11 dx	1.48± 0.01 bx	14.96± 0.70 dy	43.54± 0.76 dz

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30 günlük süre sonunda *C. carpio*'nun dokularında kalsiyum düzeyine bakır derişimlerinin etkisi Çizelge 4.56'da verilmiştir. Kas ve böbrek dokusu kalsiyum düzeyi 0.5 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde kontrole göre artmıştır. Karaciğer ve solungaç dokusu kalsiyum düzeyleri tüm derişimlerde kontrole göre istatistik ayırım göstermiştir. Karaciğer ve böbrek dokusu kalsiyum düzeyleri diğer dokulara göre istatistik ayırım göstermiştir (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.56. *C. carpio* 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.19± 0.01 ax	0.34± 0.01 ax	3.21± 0.03 ay	20.96± 0.46 az
0.1	0.41± 0.01 bx	0.52± 0.04 ax	2.95± 0.23 ay	35.61± 0.80 cz
0.5	0.62± 0.07 cx	2.47± 0.09 bx	5.03± 0.45 by	32.61± 1.16 bz

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.57. *C. carpio* 'da serum kalsiyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mg/dL.).

SÜRE	DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	1.53 ± 0.01 xa	1.41 ± 0.02 xa	1.23 ± 0.02 xab	1.1 ± 0.0 xb	0.83 ± 0.57 xb
20. Gün	1.65 ± 0.03 xa	1.53 ± 0.03 yb	1.23 ± 0.04 xb	1.09 ± 0.26 xb	-
30. Gün	1.4 ± 0.18 xa	1.28 ± 0.07 za	1.2 ± 0.0 xa	-	-

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirli bir sürede artan bakır ortam derişimlerinin serum kalsiyum düzeyine etkisi dikkate alındığında, 10. günde 1.0 ve 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimleri ile 20. günde tüm derişimlerde serum kalsiyum düzeyi kontrole göre azalırken, 30. günde bakırın serum kalsiyum düzeyine her hangi bir etkisi olmamıştır (izelge 4.57; SNK, P<0.01). Serum kalsiyum düzeyi bakımından 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde süreler arasında istatistik ayrım bulunurken, diğer derişimlerde süreler arasında her hangi bir istatistik ayrım bulunmamaktadır.

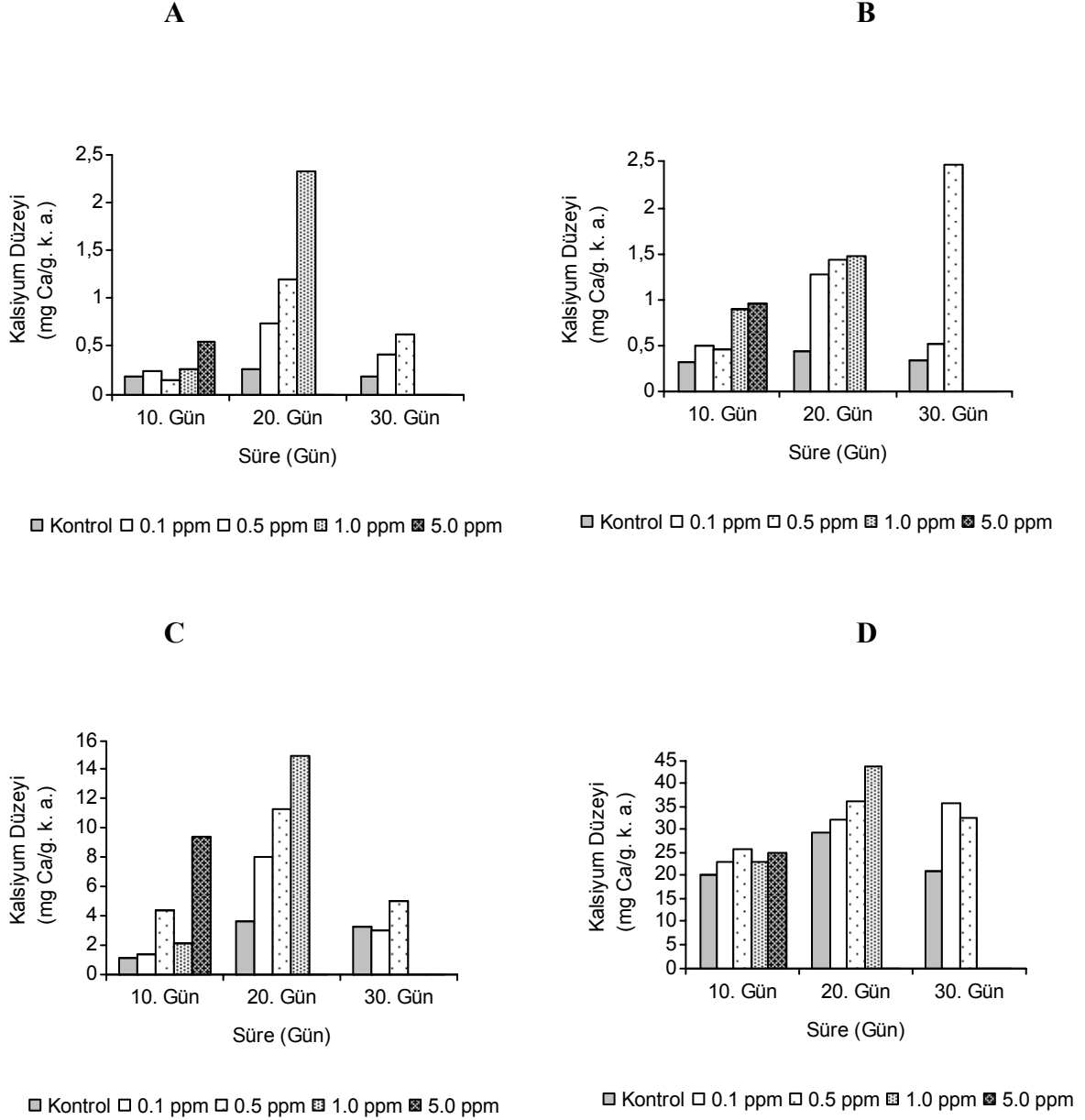
Bakır derişimlerinin süreye bağlı olarak *C. carpio*'nun farklı dokularında kalsiyum düzeyine etkileri Şekil 4.26 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer kalsiyum düzeyleri 10. günde sadece 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişiminde, 20. ve 30. günde ise tüm derişimlerde kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.26 A). 20. günde tüm derişimlerdeki artış, diğer sürelerle göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Böbrek dokusu kalsiyum düzeyleri denenen tüm ortam derişimleri ve sürelerde kontrole göre artış göstermiştir (Şekil 4.26 B). 20. günde 0.1, 0.5 ve 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde sırasıyla % 190, % 227 ve % 236 oranlarında artış olmuştur.

Kas dokusu kalsiyum düzeyleri 30. gün 0.1 mg CuL⁻¹ hariç denenen tüm koşullarda kontrole göre artmıştır (Şekil 4.26 C). Yüksek ortam derişimlerinde kalsiyum düzeylerindeki artış daha yüksek düzeylerde olmuştur.

Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi çalışılan tüm sürelerde kontrole göre arttığı saptanmıştır (şekil 4.26 D). Bu artış 10. güne oranla 20 ve 30 günlerde daha fazla olmuştur.



şekil 4.26. *C. carpio*'da doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.5.2.1. *C. carpio*'da Kurşun Etkisinde Kalsiyum İyon Düzeyi.

C. carpio 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan kalsiyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.58-4.60'da verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı kurşun derişiminde kalsiyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki kalsiyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.58-4.60'da verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum kalsiyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.61'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c, d ve e harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

10 günlük süre sonunda *C. carpio*'nun dokularında kalsiyum düzeyi üzerine kurşun derişimlerinin etkisi Çizelge 4.58'de verilmiştir. Denenen tüm kurşun derişimlerinde (kas ve solungaç dokusu 0.1 mg PbL^{-1} ortam derişimi hariç) tüm dokularda kalsiyum düzeyleri kontrole göre istatistik ayrım göstermektedir. Karaciğer ve böbrek dokusu kalsiyum düzeyleri, kas ve solungaç dokularıyla kıyaslandığında önemli istatistik ayrım bulunmaktadır (SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.58. *C. carpio* 'da 10 günlük süre sonunda kurşun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0.0	0.39± 0.02 ax	0.65± 0.01 ay	2.66± 0.09 az	22.20± 0.05 at
0.1	0.25± 0.01 cx	0.92± 0.01 bx	3.45± 0.33 ay	24.90± 1.08 abz
0.5	0.31± 0.01 bx	0.93± 0.07 bx	4.48± 0.43 by	26.31± 1.24 bz
1.0	0.23± 0.01 cx	1.29± 0.08 cx	8.09± 0.39 cy	27.46± 0.75 bz
5.0	0.22± 0.01 cx	1.21± 0.05 cx	9.12± 0.14 dy	35.26± 1.08 cz

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

C. carpio'da 20 günlük süre sonunda denenen kurşun derişimlerinde kas dokusu kalsiyum düzeyleri kontrole göre istatistik ayırım gösterirken, karaciğer 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde azalma göstermiştir (izelge 4.59; SNK, P<0.01). Böbrek ve solungaç kalsiyum düzeyi yüksek ortam derişiminde kontrole göre istatistik ayırım göstermiştir. Doku ve organlardaki kalsiyum düzeyi, karaciğer ve böbrek arasındaki kalsiyum düzeyi hariç, önemli istatistik ayırım göstermektedir.

Çizelge 4.59. *C. carpio* 'da 20 günlük süre sonunda kurşun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0.0	0.30± 0.04 bx	0.68± 0.01 ax	1.86± 0.41 ay	24.74± 0.08 az
0.1	0.24± 0.02 abx	0.94± 0.03 abx	7.65± 0.16 by	26.88± 0.97 az
0.5	0.22± 0.01 abx	1.08± 0.04 abx	11.6± 0.52 cy	26.65± 1.03 az
1.0	0.23± 0.01 abx	1.31± 0.24 bx	10.31± 0.49 dy	25.09± 0.69 az
5.0	0.20± 0.01 ax	1.34± 0.17 bx	22.57± 0.32 ey	32.03± 0.63 bz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30 gün süre sonunda *C. carpio*'nun dokularında kalsiyum düzeyine kurşunun etkisi Çizelge 4.60'da verilmiştir. Böbrek dokusu hariç, diğer dokuların kalsiyum düzeyleri kontrole göre istatistik ayırım göstermektedir. Böbrek dokusu kalsiyum düzeyinde kontrole göre bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Karaciğer ve böbrek dokusu 0.1 ve 0.5 mg PbL⁻¹ ortam derişimleri hariç, doku ve organlar arasında kalsiyum düzeyi bakımından önemli istatistik ayırım vardır (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.60. *C. carpio* 'da 30 günlük süre sonunda kurşun doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (mg Ca⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.41± 0.05 bx	0.60± 0.01 ax	2.54± 0.33 ay	25.23± 0.21 az
0.1	0.19± 0.01 ax	0.65± 0.11 ax	3.26± 0.29 by	29.14± 0.07 cz
0.5	0.14± 0.01 ax	1.02± 0.05 ax	3.97± 0.01 cy	31.21± 0.55 dz
1.0	0.12± 0.01 ax	1.24± 0.03 ay	4.09± 0.02 cz	32.63± 0.56 et
5.0	0.11± 0.01 ax	1.58± 0.48 ay	4.94± 0.01 dz	27.47± 0.67 bt

* : a, b, c, d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.61. *C. carpio* 'da serum kalsiyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mg/dL.).

SÜRE	DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	1.38 ± 0.0 xa	1.5 ± 0.11 xab	1.58 ± 0.09 xbc	1.62 ± 0.02 xbc	1.68 ± 0.05 xc
20. Gün	1.36 ± 0.05 xa	1.42 ± 0.06 xa	1.62 ± 0.03 xb	1.76 ± 0.01 yc	1.86 ± 0.02 yd
30. Gün	1.30 ± 0.01 xa	1.33 ± 0.02 xb	1.38 ± 0.0 yc	1.39 ± 0.0 zc	1.43 ± 0.01 zd

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

C. carpio'da serum kalsiyum düzeyine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi Çizelge 4.61'de verilmiştir. Serum kalsiyum düzeyi 10. gün 0.1mgL^{-1} ve 20. gün 0.1 mg PbL^{-1} ortam derişimleri hariç, diğer tüm derişimlerde kontrole göre arttığı belirlenmiştir. Serum kalsiyum düzeyi 1.0 ve 5.0 mg PbL^{-1} ortam derişimlerinde deney süreleri arasında istatistik ayırım göstermektedir (SNK, $P<0.01$).

Kurşun derişimlerinin süreye bağılı olarak *C. carpio*'nun farklı dokularında kalsiyum düzeyine etkileri Şekil 4.27 A, B, C ve D'de verilmiştir.

Karaciğer kalsiyum düzeyleri denenen tüm ortam derişimleri ve sürelerde kontrole göre azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.27 A). Bu azalma 30. günde diğer sürelerle oranla daha yüksek olmuştur.

Böbrek dokusu kalsiyum düzeyleri 30. gün hariç kontrole göre bir artış göstermiştir (Şekil 4.27 B). 1.0 ve 5.0 mg PbL^{-1} ortam derişimindeki artış sırasıyla % 93 ve % 97 oranlarında olmuştur.

Kas dokusu kalsiyum düzeyleri çalışılan tüm sürelerde kontrole göre artış göstermiştir (Şekil 4.27 C). Kas dokusu kalsiyum düzeyinde 20. güne kadar belirgin bir artış görülürken, 30. günde bu artış düşük düzeyde olmuştur.

Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi 20. günde 5.0 mg PbL^{-1} ortam derişiminde, 10. ve 30. günde ise tüm derişimlerinde kontrole göre arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.27 D). 10. günde 0.1 , 0.5 , 1.0 ve 5.0 mg PbL^{-1} ortam derişimlerinde kalsiyum düzeyindeki artış sırasıyla % 12, % 18, % 23 ve % 58 oranlarında olmuştur.

Bakırın derişimlerinin kalsiyum düzeyine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, *C. carpio*'da karaciğer kalsiyum düzeyi 10. gün 0.1 , 0.5 ve 1.0 mg CuL^{-1} ortam derişimi hariç genelde kontrole göre artış gösterirken, *O. niloticus*'da 10 ve 20. günde kontrole göre artma, 30. günde ise azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.28 A).

Böbrek dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da denenen tüm koşullarda kontrole göre artış göstermiş, *O. niloticus*'da ise 10. günde 0.1 mgL^{-1} ve 20. günde 0.1 , 0.5 ve 1.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde artmış, 30. günde ise tüm derişimlerde azalmıştır (Şekil 4.28 B).

Kas dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da 10. gün 0.1 ve 1.0 mg CuL⁻¹ ve 30. gün 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişimi hariç, tüm koşullarda kontrole göre artarken, *O. niloticus*'da 20. gün 1.0 ve 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde kontrole göre azalmıştır (şekil 4.28 C).

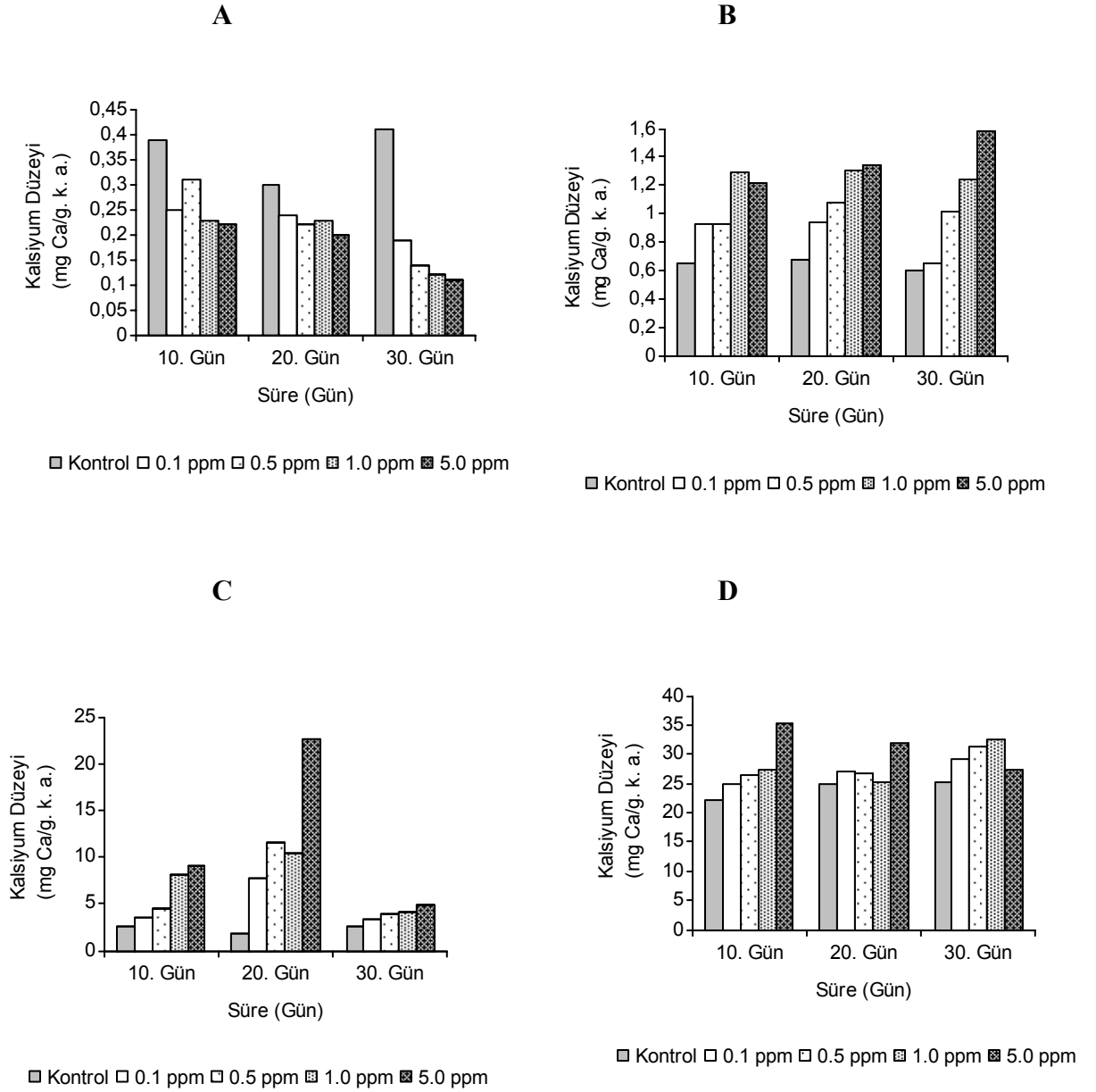
Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi hem *C. carpio* hem de *O. niloticus*'da denenen tüm ortam koşullarında kontrole göre artış göstermiştir (şekil 4.28 D).

Kurşun derişimlerinin kalsiyum düzeylerine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde *C. carpio*'da karaciğer kalsiyum düzeyi denenen tüm koşullarda kontrole göre azalırken, *O. niloticus*'da ise tüm derişim ve sürelerde kontrole göre arttığı saptanmıştır (şekil 4.29 A).

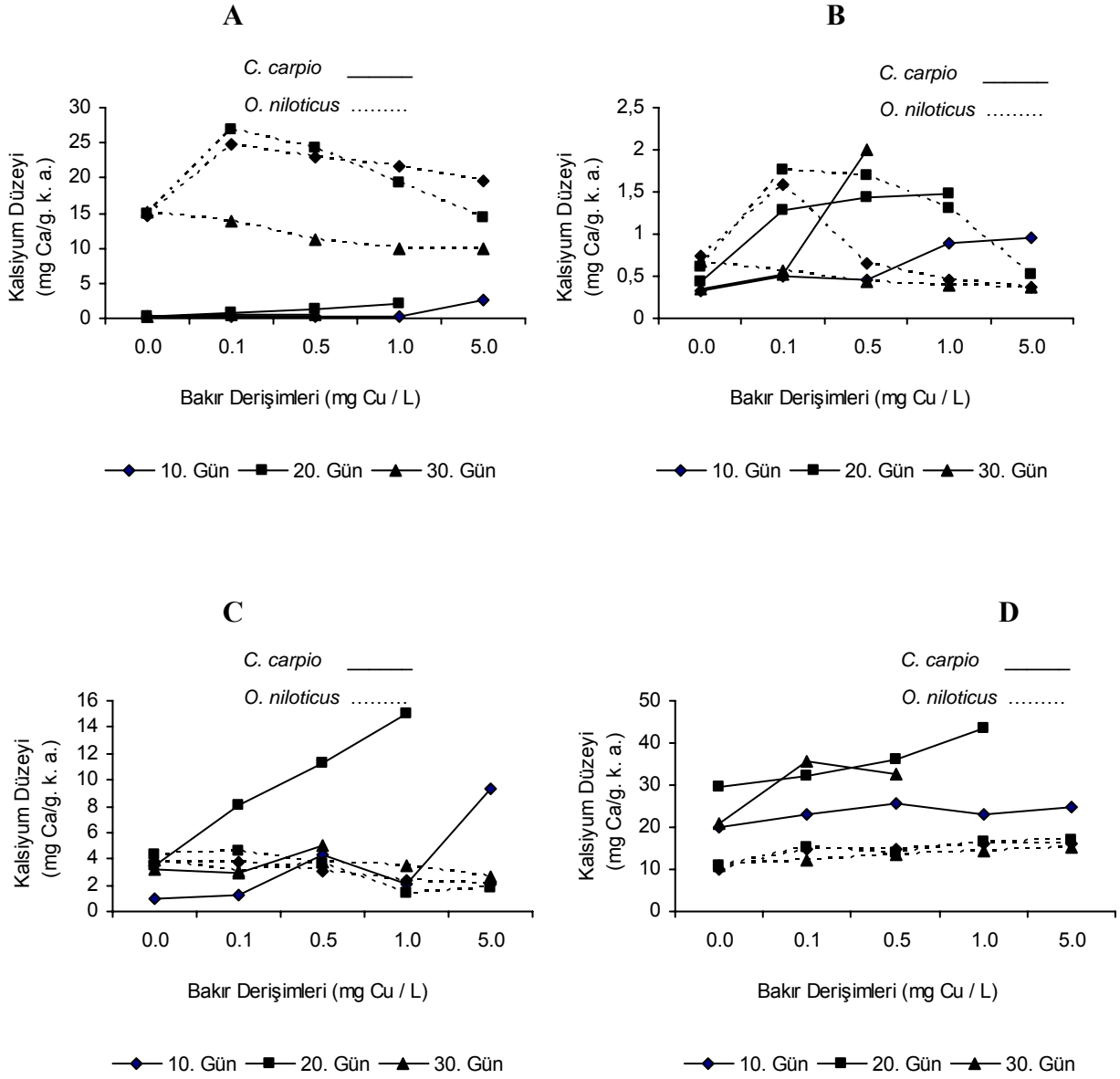
Böbrek dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da 10. ve 20. günde, *O. niloticus*'da ise denenen tüm koşullarda kontrole göre arttığı saptanmıştır (şekil 4.29 B).

Kas dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da tüm süre ve derişimlerde kontrole göre artarken, *O. niloticus*'da ise 10. gün hariç, diğer tüm derişim ve sürelerde kontrole göre azaldığı belirlenmiştir (şekil 4.29 C).

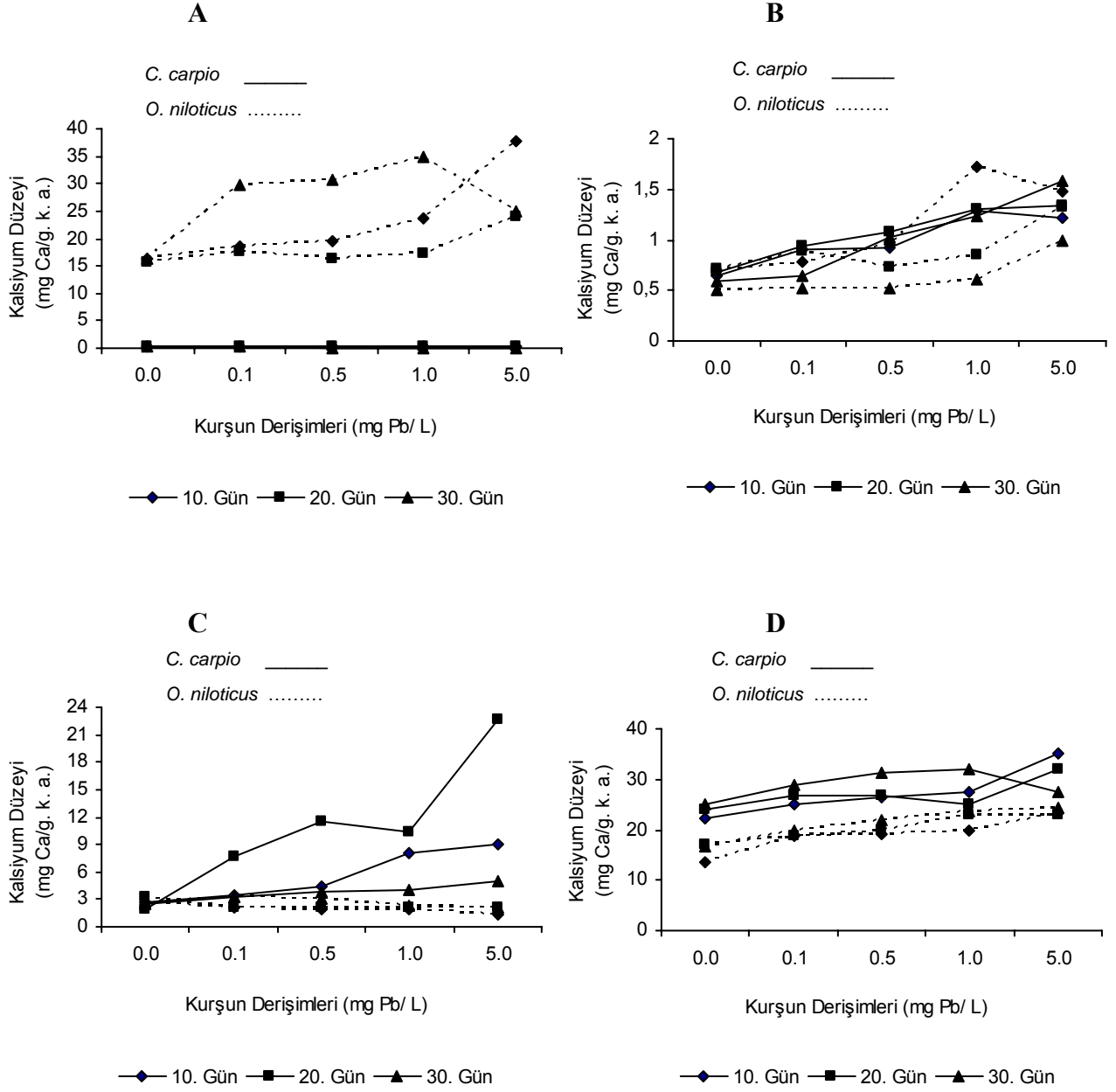
Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi hem *C. carpio* hem de *O. niloticus*'da denenen tüm koşullarda kontrole göre arttığı saptanmıştır (şekil 4.29 D).



Şekil 4.27. *C. carpio*'da doku ve organlarda kalsiyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).



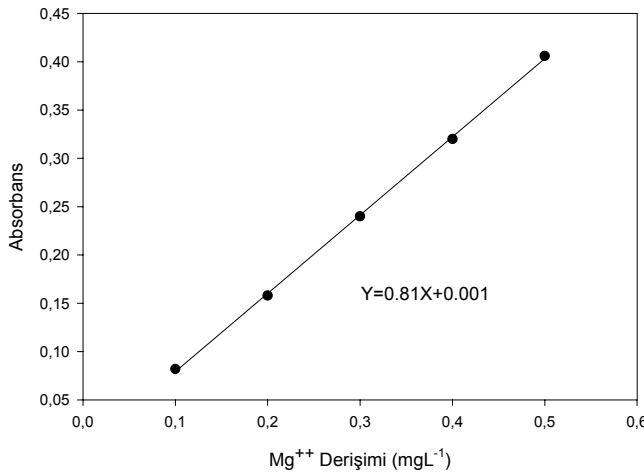
Şekil 4.28. *C. carpio* ve *O. niloticus*'da bakırın doku ve organlardaki kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).



Şekil 4.29. *C. carpio* ve *O. niloticus*'da kurşunun doku ve organlardaki kalsiyum düzeyi üzerine etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: SolunĐaĐ).

4.6. DOKULARDA Mg⁺⁺ İYON DÜZEYLERİ

O. niloticus ve *C. carpio* dokularında magnezyum düzeylerini saptamak amacıyla magnezyum standartları ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.30). Magnezyum standartlarının absorbans değerlerinden $Y=0.81X+0.001$ formülü elde edilmiştir. Burada X magnezyum derişimini, Y absorbansı göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki magnezyum düzeyleri bu regresyon formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.30. Magnezyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.

4.6.1. *O. niloticus* ‘da Magnezyum İyonu Düzeyi

4.6.1.1. *O. niloticus*’da Bakır Etkisinde Magnezyum İyon Düzeyi.

O. niloticus ‘da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan magnezyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.62-4.64’de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı bakır derişiminde magnezyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki magnezyum düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul’s Test) ile analiz edilmiş ve

sonuçlar Çizelge 4.62-4.64'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b ve c harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum magnezyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.65'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b, c ve d harfleri derişimleri, x ve y harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

10 gün süre sonunda *O. niloticu*'un dokularında magnezyum düzeyi üzerine bakır derişimlerinin etkisi Çizelge 4.62'de verilmiştir. Böbrek dokusu hariç, diğer dokularda magnezyum düzeyine bakır ortam derişimlerinin etkisi önemsizdir. Böbrek dokusu magnezyum düzeyi 1.0 ve 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde kontrole göre istatistik ayırım göstermiştir. Doku ve organlar arasında magnezyum düzeyi bakımından önemli istatistik ayırım vardır (SNK, $P<0.01$).

Çizelge 4.62. *O. niloticus* 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg^{++} /g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})	ORGAN			
	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.19± 0.03 ax	0.30± 0.02 ax	0.30± 0.02 ax	0.62± 0.07 ay
0.1	0.19± 0.03 ax	0.28± 0.01 aby	0.35± 0.02 az	0.59± 0.01 at
0.5	0.13± 0.01 ax	0.26± 0.01 aby	0.39± 0.03 az	0.50± 0.03 at
1.0	0.12± 0.01 ax	0.24± 0.01 bx	0.32± 0.08 ay	0.53± 0.04 az
5.0	0.11± 0.06 ax	0.19± 0.05 cy	0.30± 0.01 az	0.54± 0.03 at

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

O. niloticus'un 20.günlük süre sonunda denenen tüm bakır derişimlerinde solungaç ve kas dokusu magnezyum düzeylerinde kontrole göre bir istatistik ayırım saptanmamıştır (izelge 4.63; SNK, $P<0.01$). Böbrek dokusu magnezyum düzeyi 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişiminde ve karaciğer tüm derişimlerde kontrole göre istatistik ayırım göstermiştir. Karaciğer, böbrek ve solungaç dokusu arasında magnezyum düzeyleri bakımından önemli istatistik ayırım vardır.

Çizelge 4.63. *O. niloticus* 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg^{++} /g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L^{-1})	ORGAN			
	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.10± 0.01 ax	0.27± 0.02 ay	0.26± 0.01 ay	0.47±0.05 az
0.1	0.17± 0.03 bx	0.27± 0.01 ay	0.35± 0.01 az	0.62± 0.02 at
0.5	0.15± 0.03 bx	0.25± 0.01 aby	0.31± 0.03 ay	0.59± 0.03 az
1.0	0.15± 0.01 bx	0.25± 0.01 abxy	0.32± 0.01 ay	0.60± 0.06 az
5.0	0.15± 0.01 bx	0.20± 0.03 bx	0.33± 0.03 ay	0.61± 0.04 az

* : a ve b harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30. gün sonunda *O. niloticus* dokularında magnezyum düzeyine bakır derişimlerinin etkisi izelge 4.64'de verilmiştir. Solungaç ve kas dokusu magnezyum düzeyleri kontrole göre önemli istatistik ayırım göstermektedir. Karaciğerde 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişiminde, böbrekte ise 0.5 ve 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde magnezyum düzeylerinde kontrole göre önemli istatistik ayırım saptanmıştır. Dokular arasında magnezyum düzeyi bakımından önemli istatistik ayırım vardır (SNK, $P<0.01$).

Çizelge 4.64. *O. niloticus* 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.15± 0.01 ax	0.27± 0.01 by	0.26± 0.01 az	0.47±0.01 at
0.1	0.20± 0.01 ax	0.24± 0.01 bx	0.35± 0.01 by	0.62± 0.03 bz
0.5	0.18± 0.02 ax	0.19± 0.01 ax	0.33± 0.01 by	0.61± 0.02 bz
1.0	0.14± 0.02 ax	0.28± 0.02 by	0.31± 0.01 by	0.61± 0.01 bz
5.0	0.08± 0.01 bx	0.32± 0.01 cy	0.34± 0.02 by	0.65± 0.01 bz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.65. *O. niloticus* 'da serum magnezyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mg/dL).

SÜRE	DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	4.2 ± 0.00 xa	3.4 ± 0.34 xb	2.73 ± 0.3 xc	2.6 ± 0.34 xc	1.86 ± 0.11 xd
20. Gün	4.13 ± 0.61 xa	3.6 ± 0.2 xa	2.53 ± 0.23 xb	2.4 ± 0.0 xb	1.83 ± 0.05 xc
30. Gün	4.16 ± 0.15 xa	3.9 ± 0.1 xab	3.50 ± 0.43 yab	3.1 ± 0.45 xb	2.50 ± 0.45 ybc

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri süreler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Bakırın *O. niloticus*'da serum magnezyum düzeyine etkisi Çizelge 4.65'de verilmiştir. 20. günde 0.1 mg CuL⁻¹ 30. günde 0.1 ve 0.5 mg CuL⁻¹ ortam derişimleri hariç diğer ortam derişimlerinde serum magnezyum düzeyi kontrole göre önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Serum magnezyum düzeyi 0.5 ve 5.0 mg CuL⁻¹

ortam derişimi hariç deney süreleri arasında istatistik ayırım göstermemiştir (SNK, $P < 0.01$).

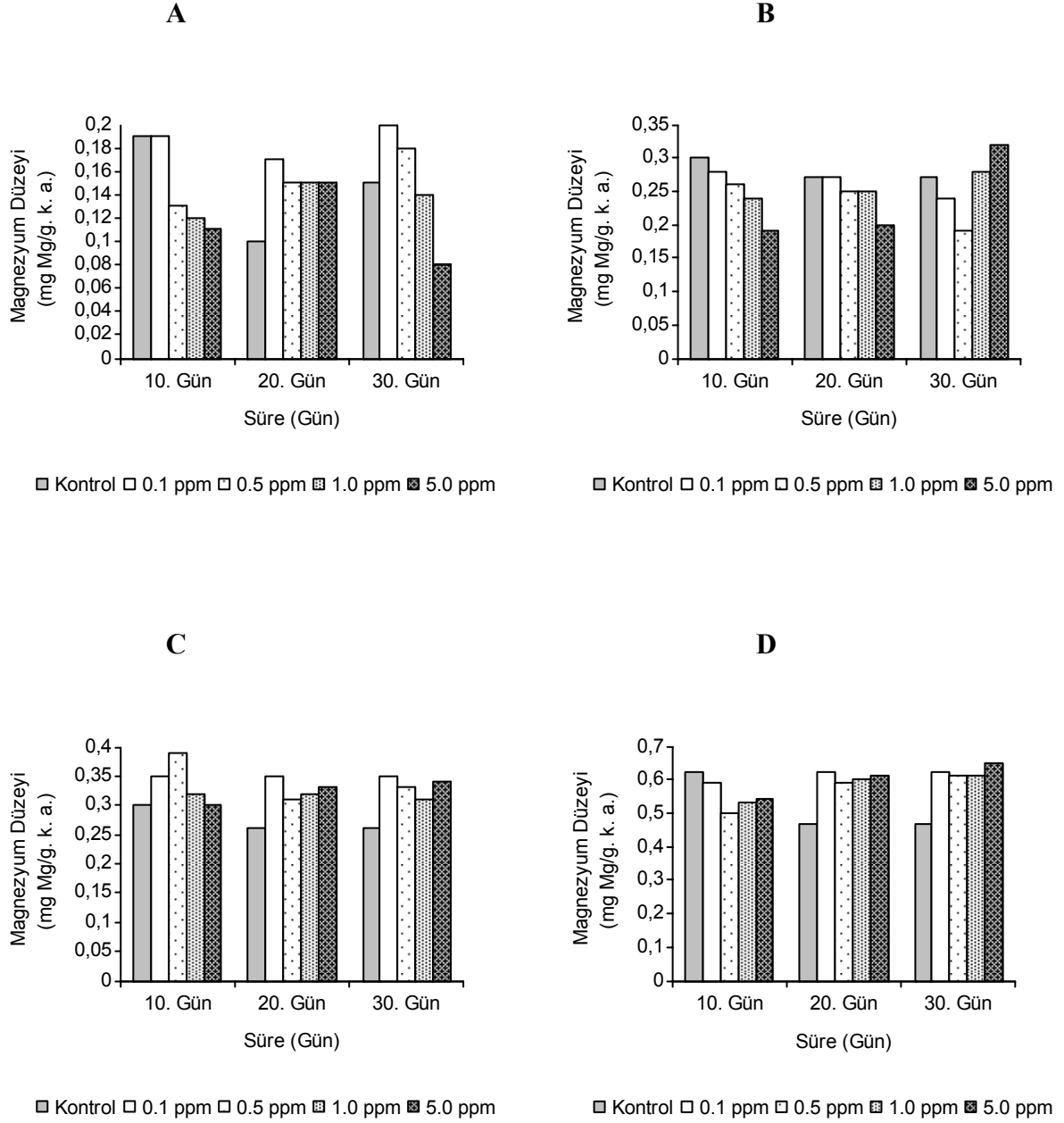
Bakır derişimlerinin süreye bağlı olarak *O. niloticus*'un farklı dokularında magnezyum düzeyine etkileri Şekil 4.31 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer magnezyum düzeyi 10. günde tüm ortam derişimlerinde kontrole göre istatistik adan bir değişiklik göstermezken, 20. günde tüm derişimlerde artış gözlenmiştir. 30. günde ise yüksek ortam derişimlerinde bir azalma olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.31 A).

Böbrek dokusunda magnezyum düzeyi 30. günde 1.0 ve 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimleri dışında 10. ve 20. günde yüksek ortam derişimlerinde kontrole göre azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.31 B). 30. günde 1.0 ve 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde magnezyum düzeyi kontrole göre % 3 ve % 18 oranlarında artış göstermiştir.

Kas dokusu magnezyum düzeyi 30. günde tüm derişimlerde kontrole göre artış göstermiştir (Şekil 4.31 C). 30. gün sonunda 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde magnezyum düzeylerindeki artış sırasıyla % 34, % 20, % 19 ve % 30 oranlarında olmuştur.

Solungaç dokusu magnezyum düzeyi tüm ortam derişimlerinde kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.31 D). 30. günde 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişimlerinde magnezyum düzeyinde artış sırasıyla % 32, % 30, % 30 ve % 38 oranlarında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.31. *O. niloticus*'da doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.6.1.2. *O. niloticus*'da Kurşun Etkisinde Magnezyum İyon Düzeyi.

O. niloticus 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan magnezyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.66-4.68'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı kurşun derişiminde magnezyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki magnezyum düzeylerine etkisi SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.66-4.68'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y ve z harfleri doku ve organlardaki, a, b ve c harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum magnezyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.69'da verilmiştir. Çizelgedeki a, b ve c harfleri derişimleri, x, y ve z harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

10. gün sonunda *O. niloticus*'un dokularında magnezyum düzeyine kurşunun etkisi Çizelge 4.66'da verilmiştir. Kas dokusu magnezyum düzeyinde kontrole göre bir değişim olmazken, böbrek dokusu magnezyum düzeyinde 5.0 mg PbL^{-1} ortam derişiminde önemli istatistik ayrım bulunmuştur. Solungaç magnezyum düzeyleri tüm ortam derişimlerinde kontrol balıklarına göre istatistik ayrım gösterirken, karaciğer istatistik ayrım göstermemiştir. Böbrek ve kas dokusu arasında magnezyum düzeyi bakımından önemli istatistik ayrım vardır (SNK, $P < 0.01$).

20 günlük süre sonunda *O. niloticus*'un dokularında magnezyum düzeyine kurşun derişimlerinin etkisi Çizelge 4.67'de verilmiştir. Karaciğer dokularında magnezyum düzeyi tüm ortam derişimlerinde kontrole göre bir artış gösterirken, böbrek dokusunda kurşun ortam derişimlerinin etkisi önemsizdir. Solungaç ve kas dokusu magnezyum düzeyleri yüksek derişimlerde kontrole göre istatistik bir ayrım göstermiştir. Böbrek, solungaç ve karaciğer magnezyum düzeyleri arasında istatistik ayrım önemli olduğu saptanmıştır (SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.66. *O. niloticus* 'da 10 günlük süre sonunda kurŗunun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.18± 0.03 ay	0.42± 0.07 ax	0.30± 0.01 axy	0.61±0.05 az
0.1	0.19± 0.02 ax	0.31± 0.04 abx	0.32± 0.01 ax	0.89± 0.07 by
0.5	0.20± 0.01 ax	0.27± 0.01 abx	0.43± 0.01 ay	0.97± 0.06 bz
1.0	0.20± 0.01 ax	0.25± 0.01 abx	0.44± 0.01 ay	0.65± 0.03 az
5.0	0.21± 0.01 ax	0.20± 0.01 bx	0.54± 0.20 ax	0.92± 0.04 by

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.67. *O. niloticus* 'da 20 günlük süre sonunda kurŗunun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.17± 0.01 ax	0.35± 0.09 ax	0.30± 0.01 ax	0.84±0.14 aby
0.1	0.22± 0.01 bx	0.30± 0.01 ay	0.36± 0.01 abx	0.87± 0.04 abz
0.5	0.22± 0.01 bx	0.21± 0.01 ax	0.43± 0.04 by	1.45± 0.06 cz
1.0	0.22± 0.01 bx	0.21± 0.01 ax	0.43± 0.01 by	1.10± 0.03 bz
5.0	0.23± 0.01 bx	0.18± 0.01 ax	0.62± 0.03 cy	0.67± 0.05 ay

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

O. niloticus'da 30 günlük süre ile kurşunun etkisine bırakılan balıkların karaciğer dokusu hariç, denenen tüm derişim ve sürelerde diğerk dokuların magnezyum düzeyi kontrole göre istatistik ayırım göstermiştir (Çizelge 4.68; SNK, $P<0.01$). Solungaç dokusu ile diğerk dokular arasındaki magnezyum düzeyi istatistik olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.68. *O. niloticus* 'da 30 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğerk	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.20± 0.01 ax	0.43± 0.03 ay	0.30± 0.01 ax	0.59±0.09 az
0.1	0.21± 0.02 ax	0.19± 0.02 bx	0.47± 0.02 bx	1.26± 0.10 cy
0.5	0.25± 0.01 ax	0.19± 0.01 bx	0.48± 0.01 by	1.35± 0.06 cz
1.0	0.25± 0.02 ax	0.15± 0.01 bx	0.48± 0.07 bx	0.87± 0.05 by
5.0	0.25± 0.01 ax	0.18± 0.01 bx	0.62± 0.01 cx	0.77± 0.06 aby

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.69. *O. niloticus* 'da serum magnezyum düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mg/dL).

SÜRE	DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	4.26 ± 0.3 xa	4.0 ± 0.0 xa	3.26 ± 0.46 xb	3.0 ± 0.0 xb	2.4 ± 0.0 xc
20. Gün	4.2 ± 0.14 xa	4.0 ± 0.17 xa	3.46 ± 0.23 xb	3.26 ± 0.3 xbc	3.0 ± 0.0 yc
30. Gün	4.2 ± 0.17 xa	3.96 ± 0.05 xa	3.4 ± 0.17 xb	3.16 ± 0.05 xb	2.6 ± 0.58 zc

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri süreler arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Kurşun *O. niloticus*'da serum magnezyum düzeyine etkisi Çizelge 4.69'da verilmiştir. Denenen tüm sürelerde 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişimi hariç, diğer ortam derişimlerinde serum magnezyum düzeyi kontrole göre azaldığı belirlenmiştir. Serum magnezyum düzeyine sürenin etkisi dikkate alındığında sadece 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişiminde deney süreleri arasında istatistik ayrımın olduğu saptanmıştır (SNK, P<0.01).

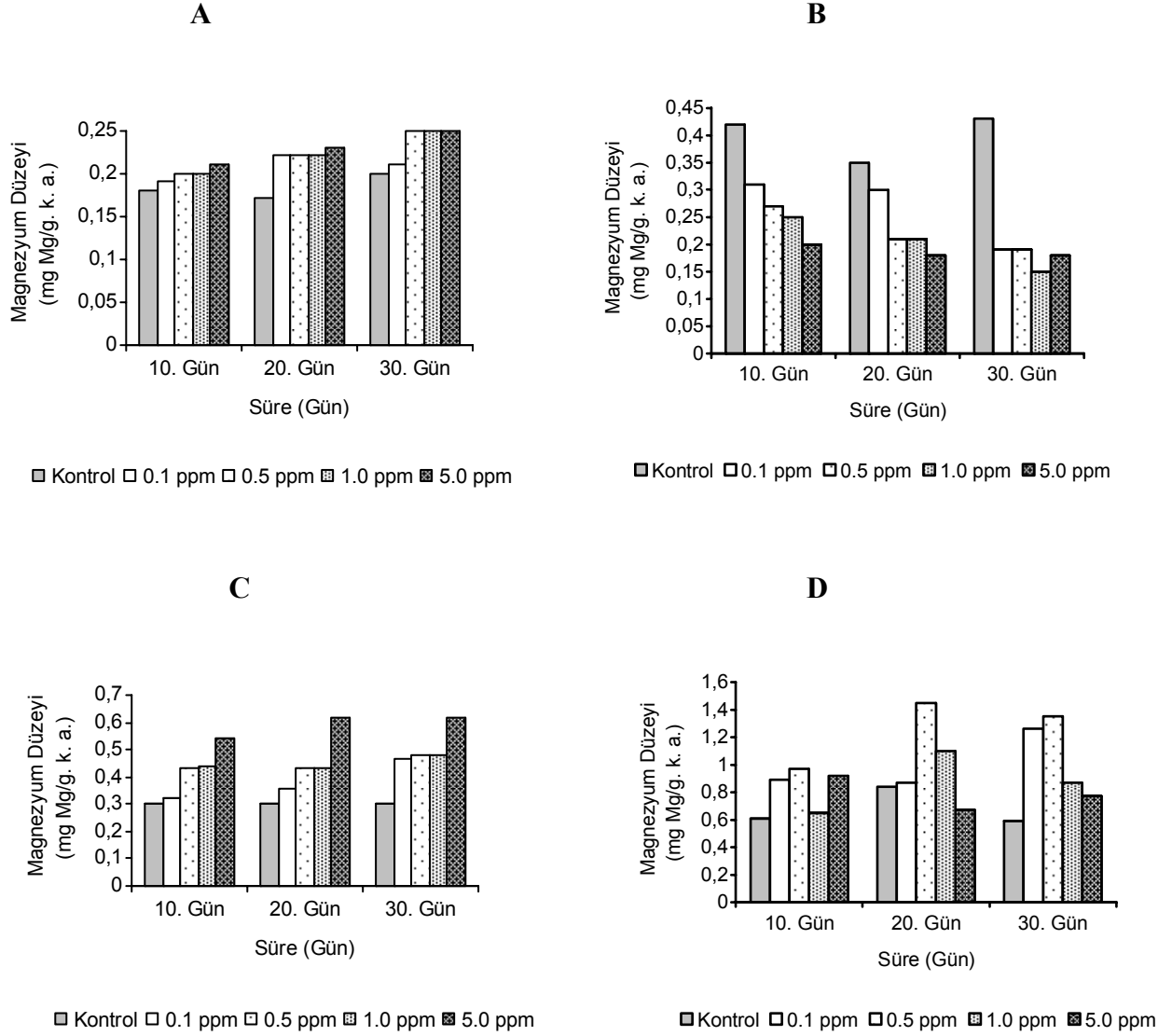
Kurşun derişimlerinin süreye bağılı olarak *O. niloticus*'un farklı dokularında magnezyum düzeyine etkisi şekil 4.32 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer magnezyum düzeyi 20. günde tüm derişimlerinde kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.32 A). 20. günde 1.0 ve 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişimlerinde sırasıyla % 29 ve % 35 oranlarında bir artış olduğu saptanmıştır.

Böbrek dokusu magnezyum düzeyi 30. günde ve tüm ortam derişimlerinde kontrole göre azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.32 B).

Kas dokusu magnezyum düzeyi 10. gün hariç, denenen tüm derişim ve sürelerde kontrole göre artmıştır (Şekil 4.32 C). 20. günde 0.1, 0.5, 1.0 ve 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişimlerinde sırasıyla % 31, % 32, % 33 ve % 36 oranlarında bir artış olduğu saptanmıştır.

Solungaç dokusu magnezyum düzeyleri 20. gün 5.0 mg PbL⁻¹ hariç denenen tüm koşullarda kontrole göre arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.32 D). Yüksek derişimlerde artışın daha fazla olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.32. *O. niloticus*'da doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.6.2. *C. carpio* 'da Magnezyum İyonu Düzeyi

4.6.2.1. *C. carpio* 'da Bakır Etkisinde Magnezyum İyon Düzeyi.

C. carpio 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan magnezyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.70-4.72'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı bakır derişiminde magnezyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki magnezyum düzeylerine etkisi SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.70-4.72'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y ve z harfleri doku ve organlardaki, a, b ve c harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum magnezyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.73'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b ve c harfleri derişimleri, x ve y harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

10. gün sonunda *C. carpio*'un dokularında magnezyum düzeyi üzerine bakır derişimlerinin etkisi Çizelge 4.70'de verilmiştir. Karaciğer magnezyum düzeyi 0.1 mg CuL^{-1} ortam derişimi hariç diğer ortam derişimlerinde kontrole göre istatistik ayrım göstermiştir. Böbrek ve solungaç dokusu magnezyum düzeyi 5.0 mg CuL^{-1} ortam derişiminde kontrole göre istatistik ayrım gösterirken, kas dokusu 0.1 mgCuL^{-1} ortam derişimi hariç tüm derişimlerde kontrole göre istatistik ayrım göstermiştir. Karaciğer ve böbrek dokusu ile diğer dokular arasında magnezyum düzeyleri bakımından önemli istatistik ayrım vardır (SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.70. *C. carpio* 'da 10 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.08± 0.01 ax	0.19± 0.01 ay	1.11± 0.01 az	1.50±0.01 at
0.1	0.1± 0.01 ax	0.19± 0.01 ax	1.42± 0.10 aby	1.70± 0.03 abz
0.5	0.15± 0.01 bx	0.20± 0.01 ax	1.58± 0.16 by	1.99± 0.17 abz
1.0	0.19± 0.01 cx	0.22± 0.01 ax	1.64± 0.13 by	2.07± 0.28 aby
5.0	0.21± 0.02 cx	0.36± 0.03 bx	1.72± 0.12 by	2.23± 0.08 bz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

20 günlük süre sonunda *C. carpio*'nun dokularında magnezyum düzeyine bakır derişimlerinin etkisi izelge 4.71'de verilmiştir. Böbrek dokusu hariç diğer dokuların magnezyum düzeyi kontrole göre istatistik ayırım gösterirken, böbrek dokusunda bakırın etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Dokular arasında magnezyum düzeyleri(karaciğer ile böbrek dokusu arasındaki magnezyum düzeyi hariç) istatistik olarak önem taşımaktadır (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.71. *C. carpio* 'da 20 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mgCu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.11± 0.01 ax	0.22± 0.01 ay	1.09± 0.01 az	2.00±0.01 at
0.1	0.16± 0.01 bx	0.38± 0.15 ax	1.12± 0.03 ay	2.46± 0.15 bz
0.5	0.17± 0.01 bx	0.39± 0.05 ax	2.03± 0.38 by	2.52± 0.13 by
1.0	0.35± 0.01 cx	0.41± 0.02 ax	2.18± 0.09 by	3.32± 0.04 cz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

Bakırın etkisinde 30 gün bırakılan *C. carpio*'nun dokularında magnezyum düzeyi kas dokusu 0.5 mg CuL⁻¹ derişimi hariç kontrole göre istatistik ayırım göstermemiştir (Çizelge 4.72; SNK, P<0.01). Hem karaciğer hem de böbrek dokusu magnezyum düzeyleri diğer dokulara göre istatistik ayırım göstermiştir.

Çizelge 4.72. *C. carpio* 'da 30 günlük süre sonunda bakırın doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mgCu.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.16± 0.01 ax	0.20± 0.02 ax	1.65± 0.03 ay	2.42± 0.38 az
0.1	0.17± 0.01 ax	0.45± 0.14 ax	2.35± 0.19 aby	2.49± 0.13 ay
0.5	0.19± 0.02 ax	0.46± 0.05 ax	2.73± 0.37 by	2.54± 0.11 ay

* : a harfi derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

Çizelge 4.73. *C. Carpio* 'da serum magnezyum düzeyi üzerine bakırın etkisi (mg/dL.).

SÜRE	DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	2.16 ± 0.28 xa	2.33 ± 0.28 xa	3.0 ± 0.5 xb	4.0 ± 0.0 xc	4.5 ± 0.0 xc
20. Gün	2.86 ± 0.11 ya	3.06 ± 0.11 ya	3.4 ± 0.34 xa	4.06 ± 0.5 xb	-
30. Gün	2.53 ± 0.05 ya	3.1 ± 0.17 yb	3.46 ± 0.23 xc	-	-

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri süreler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Bakırın *C. carpio*'da serum magnezyum düzeyine etkisi izelge 4.73'de verilmiştir. 10. günde 0.1 mgL⁻¹ ve 20. günde 0.1 ve 0.5 mgL⁻¹ Cu ortam derişimleri hariç diğer tüm ortam derişimlerinde serum magnezyum düzeyi kontrole göre artış göstermiştir. 0.1 mgL⁻¹ Cu ortam derişiminde 10. gün ile diğer süreler arasında serum magnezyum düzeyi bakımından istatistik ayrım vardır (SNK, P<0.01).

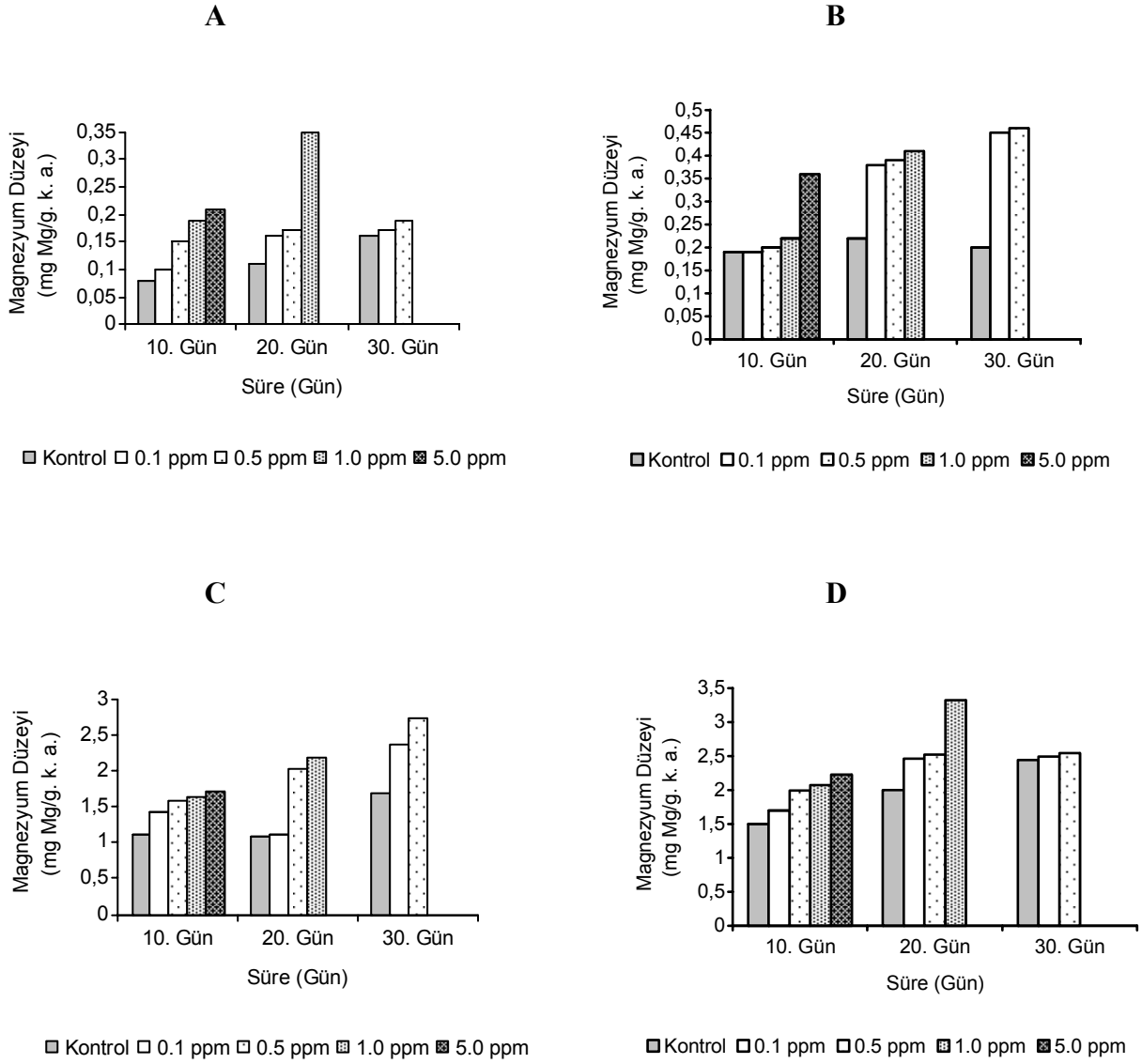
Bakır derişimlerinin süreye bağlı olarak *C. carpio*'nun farklı dokularında magnezyum düzeyine etkileri Şekil 4.33 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer magnezyum düzeyleri 10. 20. günde tüm derişimlerde kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.33 A). Bu artışlar yüksek ortam derişimlerinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Böbrek dokusu magnezyum düzeyleri 10. günde 5.0 mgL⁻¹ ortam derişimlerinde kontrole göre artış göstermiştir (Şekil 4.33 B).

Kas dokusu magnezyum düzeyi tüm sürelerde yüksek ortam derişimlerinde kontrole göre artış gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4.33 C). 20. günde 0.5 ve 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde sırasıyla % 86 ve % 100 oranlarında artış olmuştur.

Solungaç magnezyum düzeyi 10. günde 5.0 mgL⁻¹ ortam derişiminde, 20. günde ise tüm ortam derişimlerinde kontrole göre artış göstermiştir (şekil 4.33 D).



şekil 4.33. *C. carpio*'da doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine bakır ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).

4.6.2.2. *C. carpio*'da Kurşun Etkisinde Magnezyum İyon Düzeyi.

C. carpio 'da belirlenen derişimler ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan magnezyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.74-4.76'da verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı kurşun derişiminde magnezyum düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki magnezyum düzeylerine etkisi SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.74-4.76'da verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Serum magnezyum iyon düzeyleri ise Çizelge 4.77'de verilmiştir. Çizelgedeki a, b ve c harfleri derişimleri, x ve y harfleri ise günlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

10 günlük süre sonunda *C. carpio*'nun dokularında magnezyum düzeyine kurşun derişimlerinin etkisi Çizelge 4.74'de verilmiştir. Kas dokusu 0.1 ve 0.5 mgPbL^{-1} ortam derişimleri ile solungaç dokusunun tüm derişimleri hariç, denenen tüm kurşun derişimlerinde ve tüm dokularda magnezyum düzeyleri kontrole göre istatistik ayrım göstermiştir. Doku ve organlardaki magnezyum düzeyleri, karaciğer ve böbrek dokusu magnezyum düzeyi hariç, istatistik ayrım göstermiştir (SNK, $P < 0.01$).

Çizelge 4.74. *C. carpio* 'da 10 günlük süre sonunda kurşunun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0.0	0.15± 0.01 ax	0.15± 0.01 ax	1.11± 0.01 ay	2.48± 0.01 az
0.1	0.18± 0.01 bx	0.20± 0.05 bx	1.15± 0.02 ay	2.15± 0.01 az
0.5	0.19± 0.01 abx	0.25± 0.01 cx	1.37± 0.19 aby	2.35± 0.17 az
1.0	0.20± 0.01 abx	0.28± 0.02 cx	1.52± 0.03 bcy	2.43± 0.09 az
5.0	0.21± 0.01 bx	0.29± 0.01 cx	1.72± 0.02 cy	2.48± 0.08 az

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

C. carpio'da 20 günlük süre sonunda karaciğer magnezyum düzeyi denenen tüm kurşun ortam derişimlerinde böbrek ve kas dokusunda ise yüksek kurşun ortam derişimlerinde kontrole göre istatistik ayırım göstermiştir (izelge 4.75; SNK, P<0.01). Karaciğer ve böbrek dokusu magnezyum düzeyleri kas ve solungaç dokularıyla kıyaslandığında önemli istatistiksel ayırım bulunmaktadır.

Çizelge 4.75. *C. carpio* 'da 20 günlük süre sonunda kurŖunun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.17± 0.01 ax	0.21± 0.01 ax	1.06± 0.01 ay	2.27± 0.01 az
0.1	0.20± 0.01 bx	0.24± 0.02 abx	1.08± 0.03 ay	2.31± 0.05 az
0.5	0.21± 0.01 bx	0.26± 0.02 abcx	1.63± 0.06 by	2.39± 0.11 az
1.0	0.22± 0.01 bx	0.29± 0.01 bcx	1.68± 0.11 by	2.53± 0.02 az
5.0	0.23± 0.01 bx	0.33± 0.02 cx	1.88± 0.06 by	2.57± 0.24 az

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

30. gün sonunda *C. carpio*'nun dokularında magnezyum düzeyine kurŖun derişimlerinin etkisi izelge 4.76'da verilmiştir. Solungaç dokusunda tüm derişimler, kas ve böbrek dokusu 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişimleri hariç diğer derişimlerde magnezyum düzeyleri kontrole göre istatistik ayırım göstermektedir. Karaciğer ve böbrek dokusu magnezyum düzeyleri arasında istatistik ayırım önemsiz iken, diğer dokularla kıyaslandıklarında önemli istatistik ayırım göstermiŐlerdir (SNK, P<0.01).

Çizelge 4.76. *C. carpio* 'da 30 günlük süre sonunda kurŖunun doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine etkisi (mg Mg⁺⁺/g k.a.).

DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)	ORGAN			
	Karaciğer	Böbrek	Kas	Solungaç
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
0.0	0.11± 0.01 ax	0.13± 0.01 ax	1.09± 0.02 ay	2.32± 0.32 az
0.1	0.18± 0.01 bx	0.21± 0.04 abx	1.12± 0.01 ay	2.32± 0.01 az
0.5	0.19± 0.01 bcx	0.27± 0.01 bcx	1.71± 0.09 by	2.42± 0.06 az
1.0	0.21± 0.01 cdx	0.37± 0.05 cdx	1.73± 0.09 by	2.57± 0.01 az
5.0	0.22± 0.01 dx	0.41± 0.01 dy	1.89± 0.02 bz	2.59± 0.03 at

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.77. *C. carpio* 'da serum magnezyum düzeyi üzerine kurŖunun etkisi (mg/dL.).

SÜRE	DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	2.26 ± 0.23 xa	2.66 ± 0.3 xab	3.0 ± 0.52 xbc	3.26 ± 0.3 xbc	3.66 ± 0.11 xc
20. Gün	2.93 ± 0.3 xa	3.0 ± 0.0 xya	3.13 ± 0.11 xa	3.6 ± 0.34 xb	3.9 ± 0.0 yb
30. Gün	2.70 ± 0.34 xa	3.26 ± 0.2 yb	3.5 ± 0.3 xbc	3.73 ± 0.11 xbc	4.00 ± 0.01 yc

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri süreler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

KurŖunun *C. carpio*'da serum magnezyum düzeyine etkisi izelge 4.77'de verilmiştir.10. günde 0.1 mg PbL⁻¹ ve 20. günde 0.1 mgPbL⁻¹ ortam derişimi ve 20. günde 0.1 ve 0.5 mg PbL⁻¹ ortam derişimleri hariç, diğer ortam derişimlerinde serum

magnezyum düzeyi kontrole göre önemli düzeyde arttığı saptanmıştır. Serum magnezyum düzeyine sürenin etkisi dikkate alındığında 0.1 ve 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişimlerinde deney süreleri arasında istatistik ayırım olduğu belirlenmiştir (SNK, P<0.01).

Kurşun derişimlerinin süreye bağlı olarak *C. carpio*'nun farklı dokularında magnezyum düzeyine etkileri Şekil 4.34 A, B, C ve D'de gösterilmiştir.

Karaciğer magnezyum düzeyleri denenen tüm süre ve ortam derişimlerinde kontrole göre arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.34 A). Bu artış sürenin uzamasından pek etkilenmediği gözlenmiştir.

Böbrek dokusu magnezyum düzeyleri denenen tüm kontrole göre bir artış göstermiştir (Şekil 4.34 B). 30. günde magnezyum düzeyindeki artış 10 ve 20. günlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Kas dokusu magnezyum düzeyleri her üç sürede de düşük derişimler hariç kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.34 C). 20. günde 0.5, 1.0 ve 5.0 mg PbL⁻¹ ortam derişimlerinde magnezyum düzeyindeki artış sırasıyla % 55, % 57 ve % 71 oranlarında olmuştur.

Solungaç dokusu magnezyum düzeyi denenen tüm koşullarda kontrole göre değişmediği saptanmıştır (Şekil 4.34 D).

Bakırın derişimlerinin kalsiyum düzeyine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, *C. carpio*'da karaciğer kalsiyum düzeyi 10. gün 0.1, 0.5 ve 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimi hariç genelde kontrole göre artış gösterirken, *O. niloticus*'da 10 ve 20. günde kontrole göre artma, 30. günde ise azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.28 A).

Böbrek dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da denenen tüm koşullarda kontrole göre artış göstermiş, *O. niloticus*'da ise 10. günde 0.1 mgL⁻¹ ve 20. günde 0.1, 0.5 ve 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde artmış, 30. günde ise tüm derişimlerde azalmıştır (Şekil 4.28 B).

Kas dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da 10. gün 0.1 ve 1.0mg Cu⁻¹L ve 30. gün 0.1 mg CuL⁻¹ ortam derişimi hariç, tüm koşullarda kontrole göre artarken, *O. niloticus*'da 20. gün 1.0 ve 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde kontrole göre azalmıştır (şekil 4.28 C).

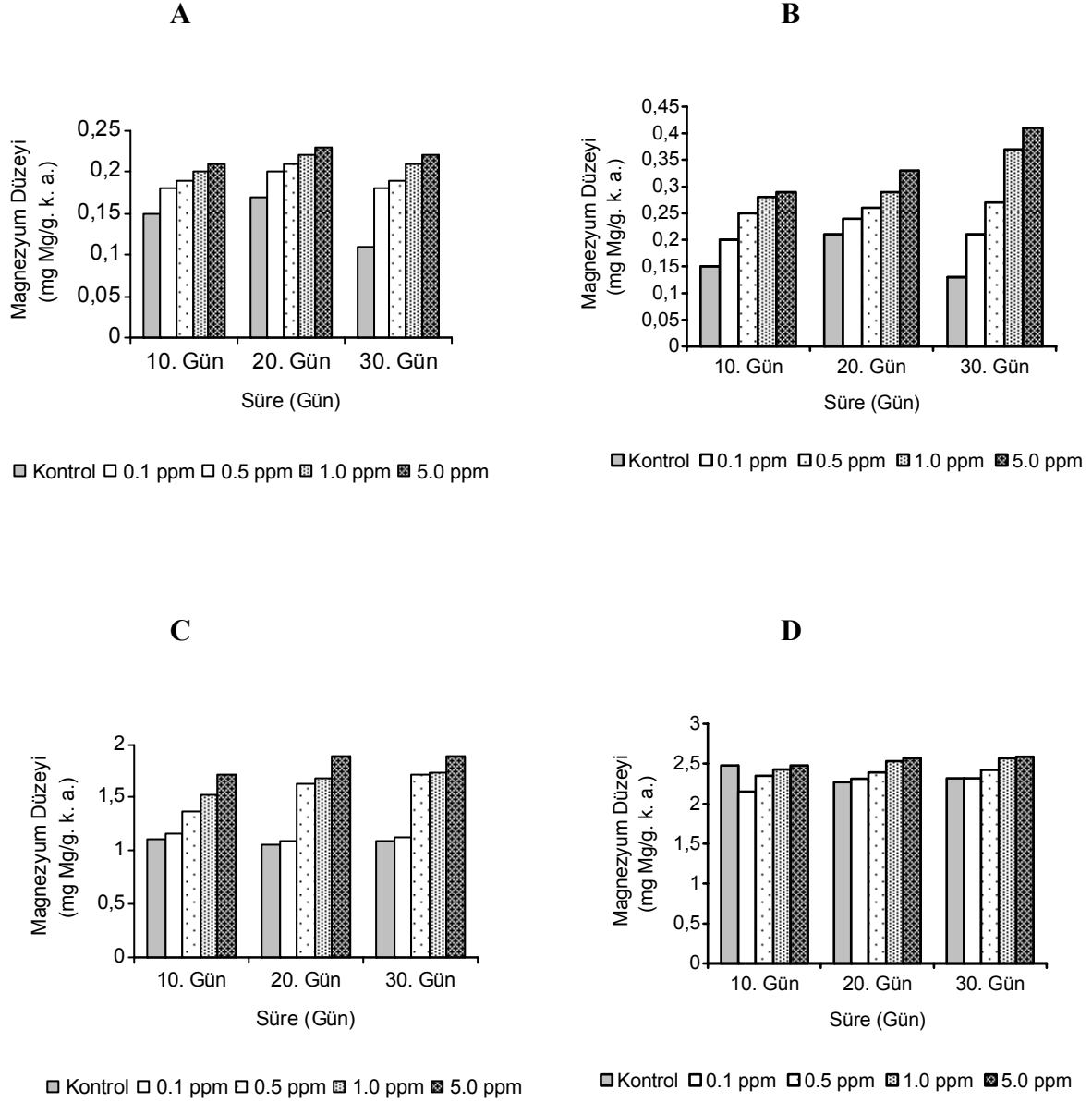
Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi hem *C. carpio* hem de *O. niloticus*'da denenen tüm ortam koşullarında kontrole göre artış göstermiştir (şekil 4.28 D).

Kurşun derişimlerinin kalsiyum düzeylerine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde *C. carpio*'da karaciğer kalsiyum düzeyi denenen tüm koşullarda kontrole göre azalırken, *O. niloticus*'da ise tüm derişim ve sürelerde kontrole göre arttığı saptanmıştır (şekil 4.29 A).

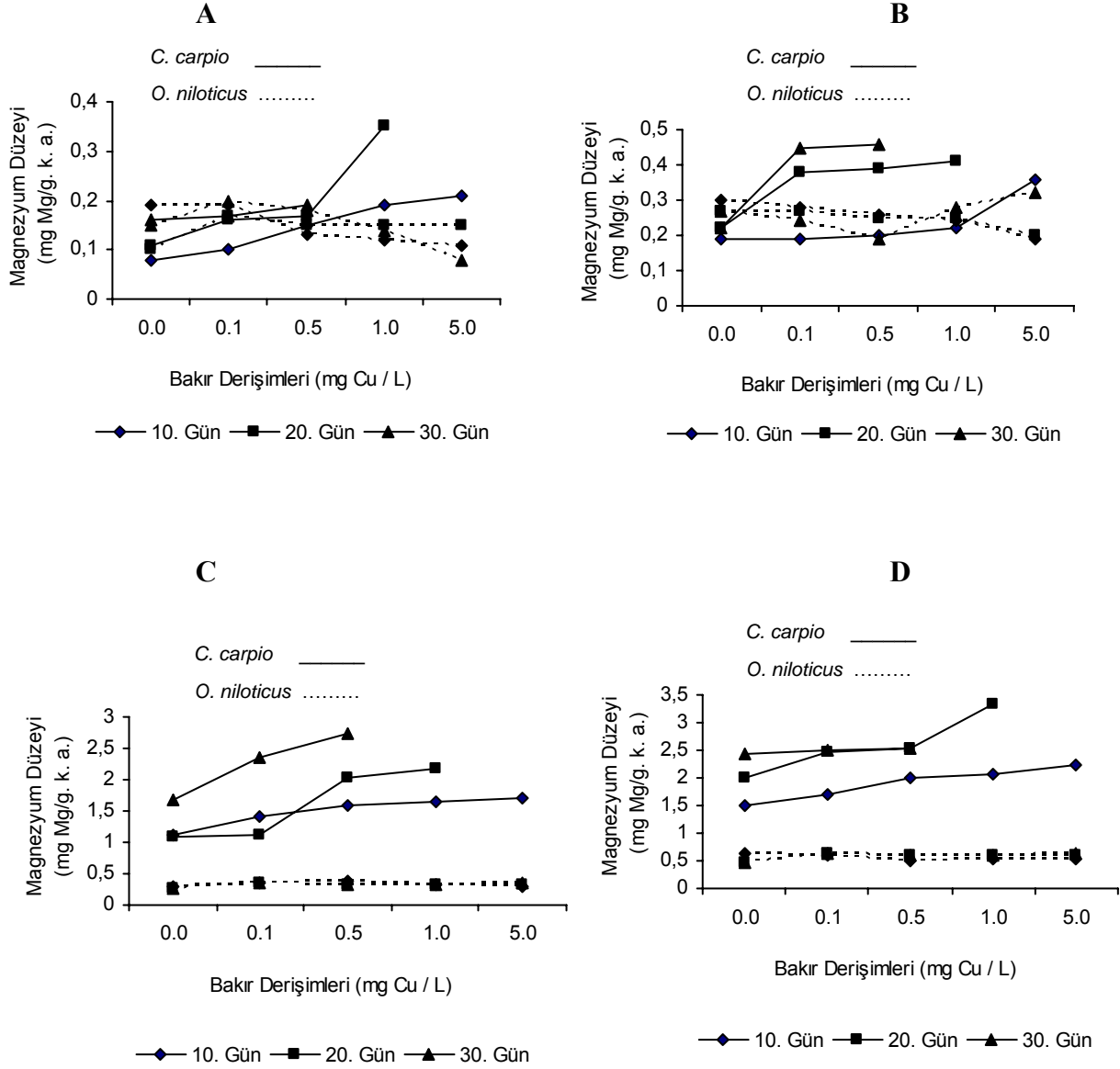
Böbrek dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da 10. ve 20. günde, *O. niloticus*'da ise denenen tüm koşullarda kontrole göre arttığı saptanmıştır (şekil 4.29 B).

Kas dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da tüm süre ve derişimlerde kontrole göre artarken, *O. niloticus*'da ise 10. gün hariç, diğer tüm derişim ve sürelerde kontrole göre azaldığı belirlenmiştir (şekil 4.29 C).

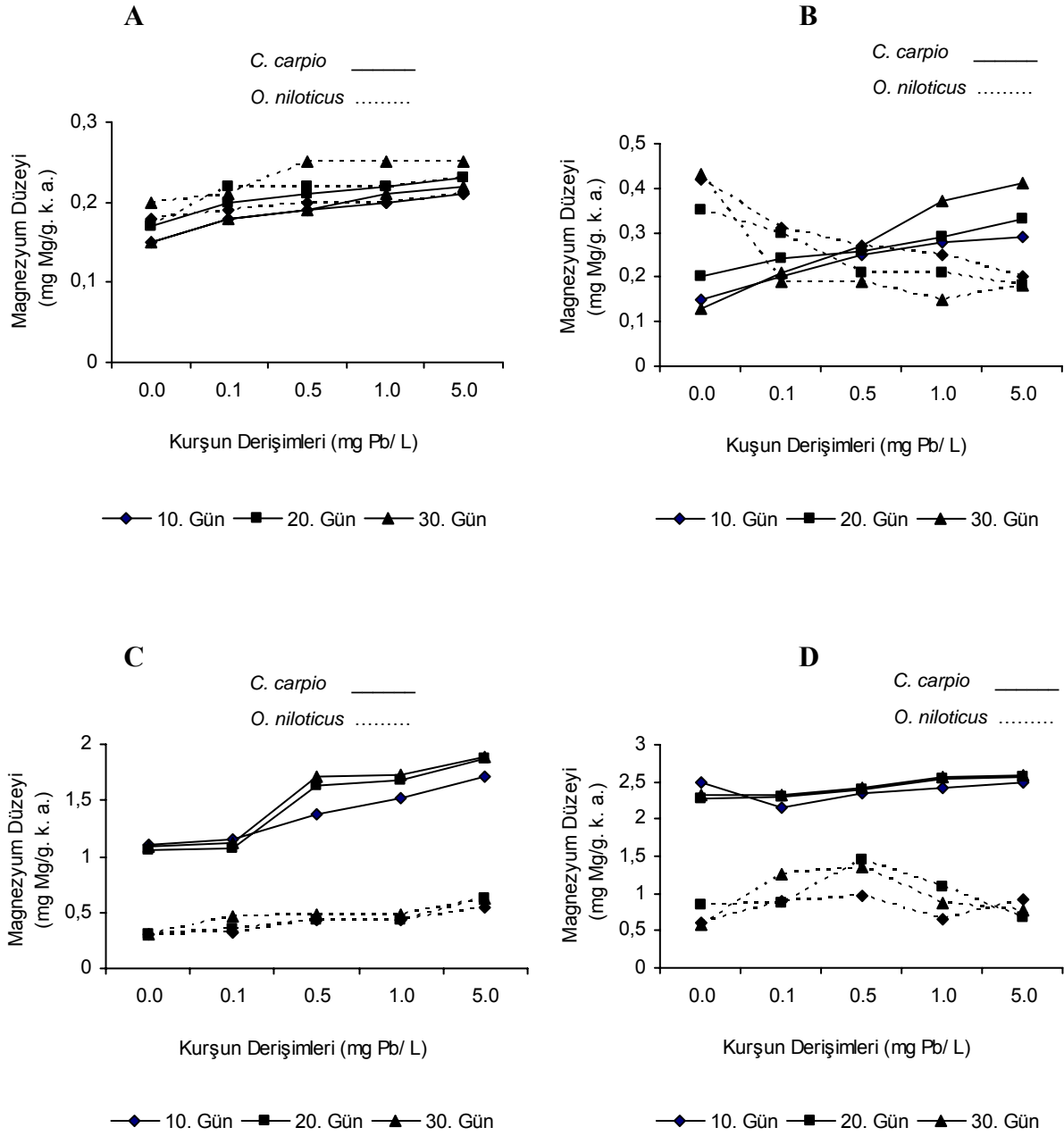
Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi hem *C. carpio* hem de *O. niloticus*'da denenen tüm koşullarda kontrole göre arttığı saptanmıştır (şekil 4.29 D).



Şekil 4.34. *C. carpio*'da doku ve organlarda magnezyum düzeyi üzerine kurşun ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A: Karaciğer, B: Böbrek, C: Kas ve D: Solungaç).



Şekil 4.35. *C. carpio* ve *O. niloticus*'da bakırın doku ve organlardaki magnezyum düzeyi üzerine etkisi (A Karaciğer:, B Böbrek:, C: Kas ve D: SolungaÇ).



Şekil 4.36. *C. carpio* ve *O. niloticus*'da kurşunun doku ve organlardaki magnezyum düzeyi üzerine etkisi (A Karaciğer:, B Böbrek:, C: Kas ve D: Solungaç).

4.6.2.3. *O. niloticus* ve *C. carpio* Serumunda Klor İyon Düzeyi.

O. niloticus ve *C. carpio*'da belirlenen derişimler ve sürede serum örnekleri üç tekrarlı olarak saptanan klor iyon düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.78-4.81'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda bakır ve kurşun derişiminde klor iyon düzeyleri bakımından metal derişimleri ve günler arasındaki ayrımı belirlemek için klor iyon düzeylerine etkileri SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.78-4.81'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y ve z harfleri günleri, a, b, c, d ve e harfleri ise derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

Belirli bir sürede artan bakır derişimlerinin *O. niloticus*'da serum klor düzeyine etkisi incelendiğinde, tüm ortam derişimlerinde serum klor düzeyi kontrole göre bir azalma göstermiştir (Çizelge 4.78; SNK, $P < 0.01$). 0.1 mg CuL^{-1} ortam derişiminde serum klor düzeyi bakımından deney süreleri arasında istatistik ayrım vardır. Diğer ortam derişimlerinde ise, 10. gün diğer sürelerle göre istatistik ayrım göstermiştir.

Çizelge 4.78. *O. niloticus* 'da serum klor düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L).

SÜRE	DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	127.3 ± 0.5 xa	126.0 ± 0.0 xab	125.6 ± 0.5 xab	122.0 ± 2.0 xb	113.3 ± 4.1 xc
20. Gün	124.0 ± 0.0 ya	19.0 ± 1.0 yb	117.6 ± 2.95 yb	110.0 ± 2.0 yc	98.33 ± 2.5 yd
30. Gün	125.6 ± 0.58 za	120.3 ± 0.58 zb	116.6 ± 1.15 yc	111.6 ± 2.5 yd	96.67 ± 1.1 ye

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0.01$).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirli bir sürede artan kurşun derişimlerinin *O. niloticus*'da serum klor düzeylerine etkisi incelendiğinde, 30. gün 0.1 ve 0.5 mg PbL⁻¹ ortam derişimleri hariç, diğer tüm ortam derişimlerinde serum klor düzeyi kontrole göre istatistik ayırım göstermektedir. Serum klor düzeyi bakımından deney süreleri arasında istatistik ayırım bulunmamaktadır (izelge 4.79; SNK, P<0.01).

Çizelge 4.79. *O. niloticus* 'da serum klor düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mmol/L).

SÜRE	DERİŞİM (mg Pb.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	105.3 ± 3.7 xa	115.3 ± 1.5 xb	120.6 ± 1.1 xc	124.6 ± 4.1 xc	132.0 ± 2.0 xd
20. Gün	110.0 ± 2.0 xa	118.0 ± 1.0 xb	123.6 ± 4.04 xc	126.0 ± 3.0 xcd	130.0 ± 0.0 xd
30. Gün	113.3 ± 3.51 xa	115.0 ± 1.73 xa	117.6 ± 0.58 xa	126.0 ± 4.3 xb	130.6 ± 2.3 xb

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirli bir sürede artan bakır derişimlerinin *C. carpio*'da serum klor düzeyine etkisi incelendiğinde, tüm ortam derişimlerinde serum klor düzeyi kontrole göre azaldığı saptanmıştır (izelge 4.80; SNK, P<0.01). Tüm ortam derişimlerinde serum klor düzeyi bakımından 10. gün ile diğer süreler arasında istatistik ayırım vardır.

Çizelge 4.80. *C. Carpio* 'da serum klor düzeyi üzerine bakırın etkisi (mmol/L.).

SÜRE	DERİŞİM (mg Cu.L ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	134.0 ± 3.46 xa	90.6 ± 3.05 xb	61.3 ± 9.45 xc	56.0 ± 7.21 xcd	47.3 ± 3.05 xd
20. Gün	142.0 ± 0.0 xa	121.0 ± 1.0 yb	100.3 ± 8.38 yc	92.3 ± 7.5 yc	-
30. Gün	152.0 ± 7.0 ya	115.3 ± 4.16 yb	88.3 ± 1.52 yc	-	-

* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirli bir sürede artan kurşun derişimlerinin *C. carpio*'da serum klor düzeyine etkisi incelendiğinde, 10. gün 0.1 mg PbL⁻¹ ortam derişimi hariç, diğer tüm ortam derişimlerinde serum klor düzeyi kontrol düzeyine göre bir artış göstermiştir. Serum klor düzeyi bakımından 10. gün ile diğer süreler arasında istatistik ayrım vardır (Çizelge 4.81; SNK, P<0.01).

Çizelge 4.81. *C. carpio* 'da serum klor düzeyi üzerine kurşunun etkisi (mmol/L.).

SÜRE	DERİŞİM (mg PbL ⁻¹)				
	0.0	0.1	0.5	1.0	5.0
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
10. Gün	100.0 ± 5.29 xa	102.6 ± 2.3 xa	104.6 ± 3.05 xab	108.6 ± 3.05 xab	112.6 ± 4.1 xb
20. Gün	104.6 ± 4.16 xa	125.3 ± 4.72 yb	130.0 ± 0.0 ybc	132.3 ± 2.51 yc	136.3 ± 1.52 yc
30. Gün	108.3 ± 2.0 xa	118.6 ± 1.73 yb	121.6 ± 2.08 zb	127.0 ± 0.0 zc	133.0 ± 2.08 yd

* : a, b, c,d ve e harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Bakırın derişimlerinin kalsiyum düzeyine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, *C. carpio*'da karaciğer kalsiyum düzeyi 10. gün 0.1, 0.5 ve 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimi hariç genelde kontrole göre artış gösterirken, *O. niloticus*'da 10 ve 20. günde kontrole göre artma, 30. günde ise azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.28 A).

Böbrek dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da denenen tüm koşullarda kontrole göre artış göstermiş, *O. niloticus*'da ise 10. günde 0.1 mgCuL⁻¹ ve 20. günde 0.1, 0.5 ve 1.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde artmış, 30. günde ise tüm derişimlerde azalmıştır (Şekil 4.28 B).

Kas dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da 10. gün 0.1 ve 1.0mg CuL⁻¹ ve 30. gün 0.1 mgCuL⁻¹ ortam derişimi hariç, tüm koşullarda kontrole göre artarken, *O. niloticus*'da 20. gün 1.0 ve 5.0 mg CuL⁻¹ ortam derişimlerinde kontrole göre azalmıştır (Şekil 4.28 C).

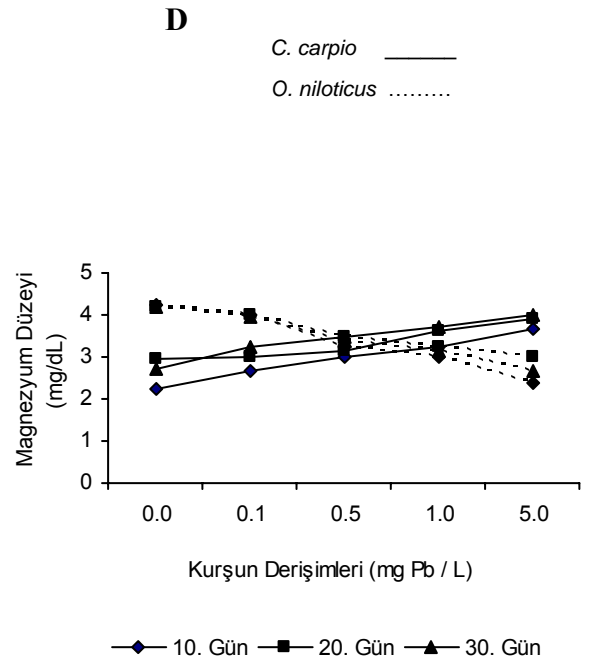
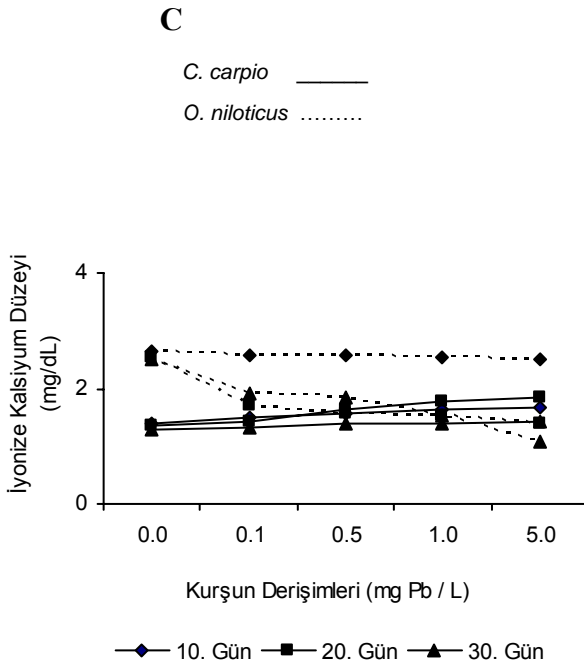
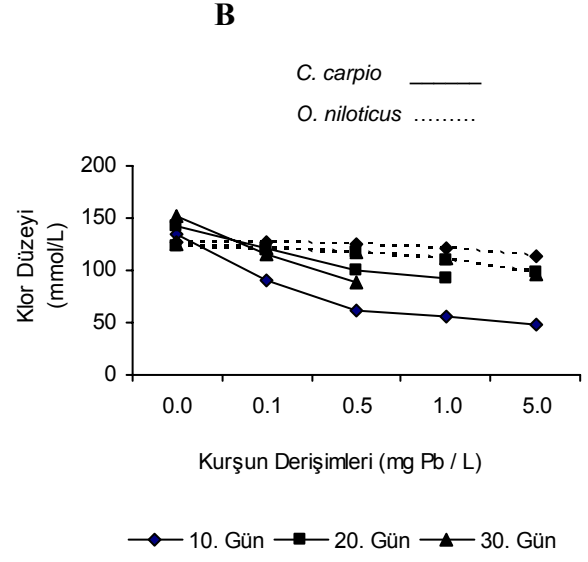
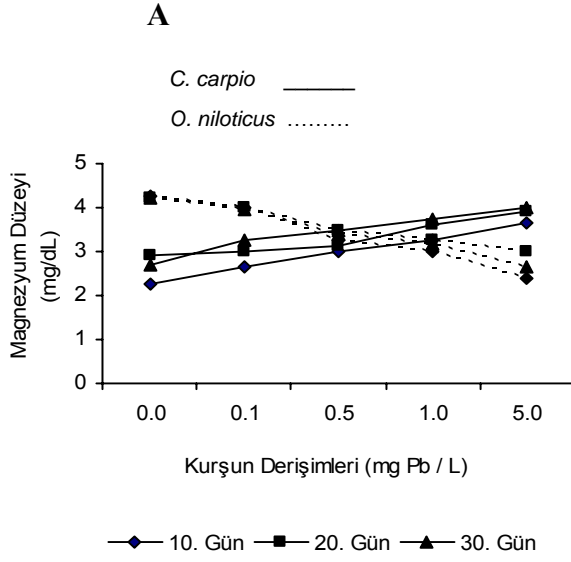
Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi hem *C. carpio* hem de *O. niloticus*'da denenen tüm ortam koşullarında kontrole göre artış göstermiştir (Şekil 4.28 D).

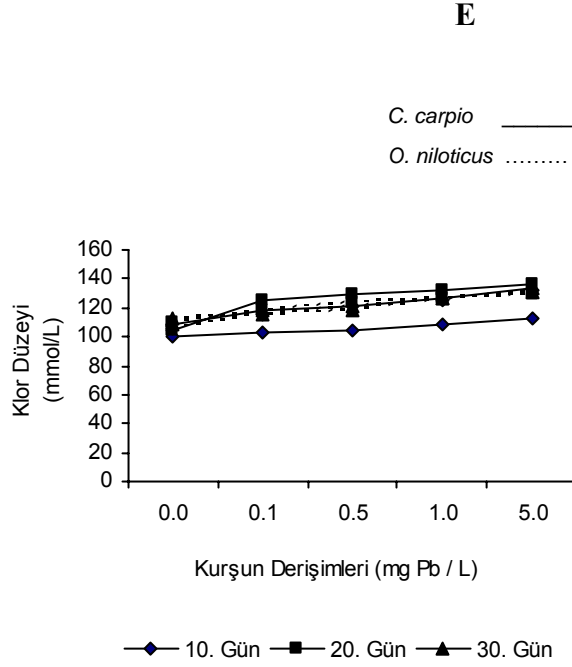
Kurşun derişimlerinin kalsiyum düzeylerine etkileri türler arasında karşılaştırmalı olarak incelendiğinde *C. carpio*'da karaciğer kalsiyum düzeyi denenen tüm koşullarda kontrole göre azalırken, *O. niloticus*'da ise tüm derişim ve sürelerde kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.29 A).

Böbrek dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da 10. ve 20. günde, *O. niloticus*'da ise denenen tüm koşullarda kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil4. 29 B).

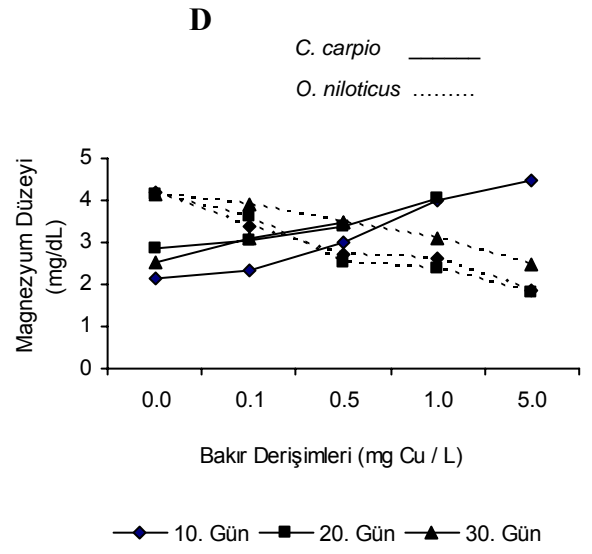
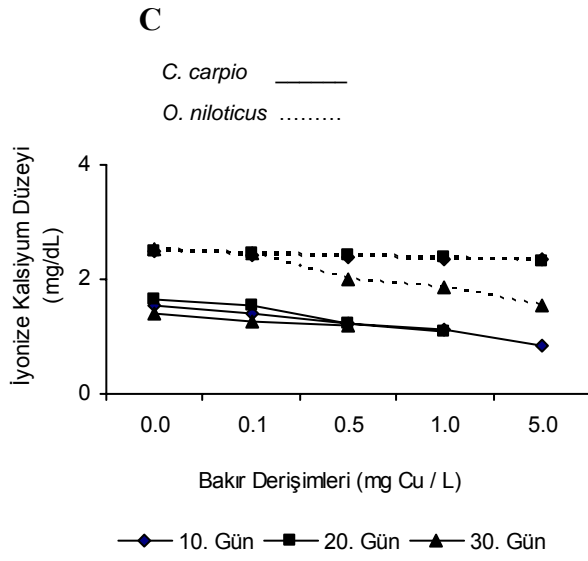
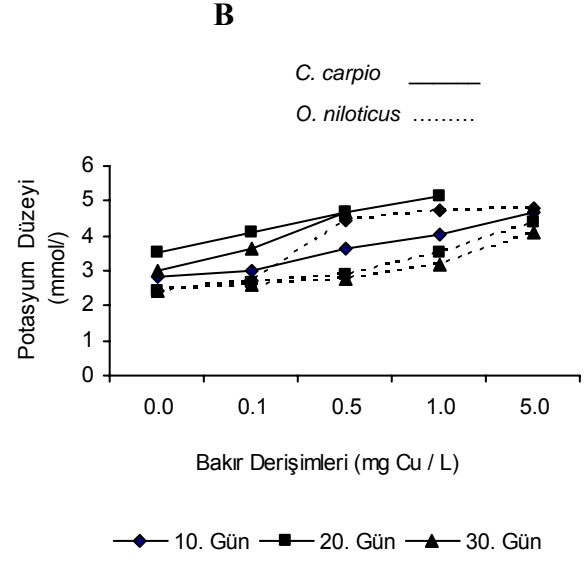
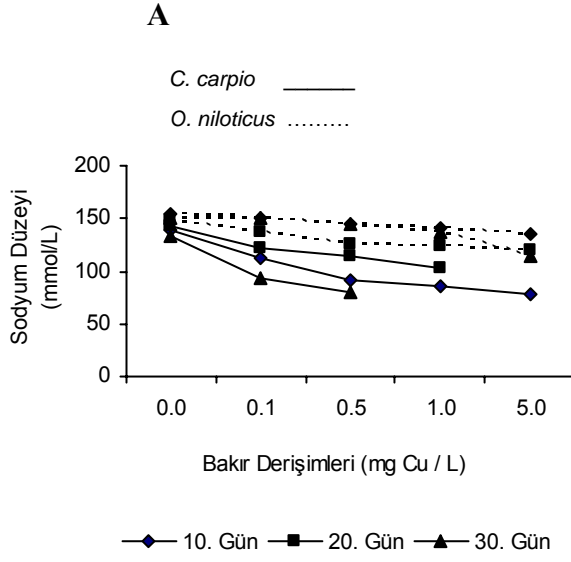
Kas dokusu kalsiyum düzeyi *C. carpio*'da tüm süre ve derişimlerde kontrole göre artarken, *O. niloticus*'da ise 10. gün hariç, diğer tüm derişim ve sürelerde kontrole göre azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.29 C).

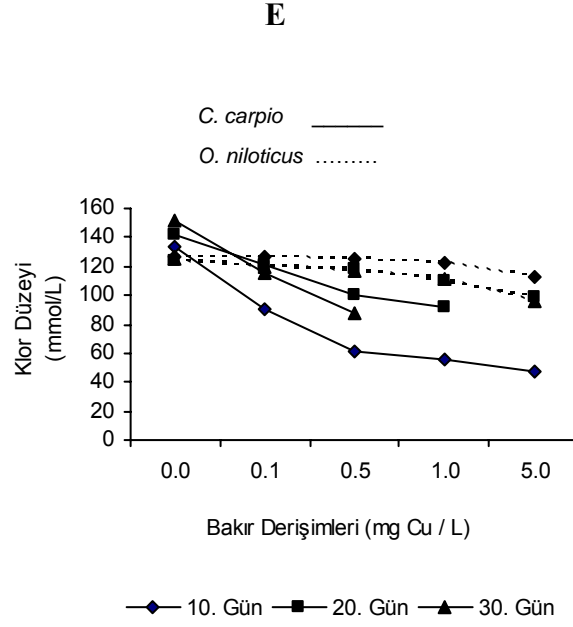
Solungaç dokusu kalsiyum düzeyi hem *C. carpio* hem de *O. niloticus*'da denenen tüm koşullarda kontrole göre arttığı saptanmıştır (Şekil 4.29 D).





Şekil 4.37. *C. carpio* ve *O. niloticus* serumunda kurşun etkisinde iyon düzeyleri üzerine etkisi (A: Na⁺, B: K⁺, C: Ca⁺⁺, D: Mg⁺⁺ ve E: Cl⁻).





Şekil 4.38. *C. carpio* ve *O. niloticus* serumunda bakır etkisinde iyon düzeyleri üzerine etkisi (A: Na⁺, B: K⁺, C: Ca⁺⁺, D: Mg⁺⁺ ve E: Cl⁻).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Balıklarda ağır metallerin letal etkileri, metallerin alım mekanizmasının uyarılması ve eliminasyon mekanizmalarının engellenmesi nedeniyle metalin hızlı bir şekilde alınarak fazla miktarda biriktirilmesi sonucu mortalitenin olduğu belirlenmiştir (Cearley ve Coleman, 1974). Balıklarda metallerin letal etkileri balık türüne ve etkiye kalınan metalin cinsine bağlı olarak değişim göstermektedir (Abel ve Papoutsoglou, 1986; Hodson, 1988; Erdem ve Kargın, 1990, 1992; Lam ve ark., 1998; De Conto Cinier ve ark., 1999). Bu araştırmada dokularda yüksek düzeylerde bakır ve kurşun birikmesine rağmen *O. niloticus*'da mortalite gözlenmezken, *C. carpio*'da bakırın 5.0 mgL^{-1} ortam derişiminin etkisinde kalan balıkların 20. gün sonunda, 1.0 mgL^{-1} ortam derişiminde ise 30.gün sonunda tümünün öldüğü gözlenmiştir. Bu da *O. niloticus*'un metallerin toksik etkilerini engelleyen detoksifikasyon sisteminin *C. carpio*'dan daha iyi olduğunu göstermektedir. *C. carpio* ve *Tilapia mossambicus*'da bakırın LC_{50} değerlerinin belirlenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada *T. mossambicus*'un *C. carpio*'ya oranla bakıra daha dirençli olduğu belirlenmiştir (Lam ve ark., 1998).

Ağır metallerin toksik etkileri ile ilgili yapılan araştırmalarda ölümün, iyon regülasyonunun bozulması, solungaçlarda oksijen alımının engellenerek hipoksiyanın oluşması (Lacrox ve ark., 1985; Heath, 1987) ve enzim aktivitelerinin engellenmesi (Viarengo, 1989) sonucu oluşabileceği belirlenmiştir.

Buckley ve ark. (1982) *O. kisutch* ile yaptığı bir araştırmada bakırın yüksek derişimlerinde tutulan balıklarda besin alımının azaldığı gözlemlenmiştir. Araştırmamızda deney süresince yüksek ortam derişimlerinin etkisinde bulunan balıkların kontrol balıklarına oranla hareketsiz oldukları ve verilen yemleri almadıkları gözlenmiştir.

Ağır metallerin subletal derişimlerinin etkisine bırakılan balıklarda solungaç ve iç organlarda hasarların olduğu birçok araştırmacı tarafından

belirtilmiştir (Heath, 1987; Nemcsok ve Hughes, 1988; Hutchinson ve Sprague, 1989). Bu araştırmada, hem Cu hem de Pb'nin düşük derişimlerinin etkisine bırakılan her iki türde de metallerin, solungaçlarda aşırı derecede mukus birikimine, operkulum hareketlerinin sıklığında bir artışa ve yüzgeçlerde dejenerasyona neden olduğu gözlenmiştir. Subletal bakır derişiminin etkisine bırakılan *Salmo trutta*'da solungaçların epitelyum tabakasının incelendiği, klor hücrelerinin çoğaldığı, lamellerin çöktüğü ve bu nedenle solungaç yüzey alanının azaldığı ve sonuçta oksijen alınımında bozulmaların oluştuğu gözlenmiştir (Beaumont ve ark., 1995).

Genelde ağır metaller organizmalar tarafından solunum, besin ve direkt temas yoluyla alınmaktadır. Araştırmamızda balıklar kurşun ve bakırı büyük bir olasılıkla deri ve solungaçlar yoluyla aldıkları düşünülmektedir. Balıklarda solunum için fazla miktarda suyun alınması ve solungaç yüzey alanının yüksek permeabilite göstermesi nedeniyle metallerin yüksek düzeyde vücuda alınmasını kolaylaştırmaktadır. Balıklarda vücuda giren metaller ya proteinlere bağlanırlar ki bu durumda inaktif halde bulunurlar veya bağlanmazlar yani serbest veya aktif halde bulunurlar.

Metaller nadiren balıkların dokularında sabit bir şekilde dağılmaktadır. Genelde ağır metaller belirli hedef organlarda birikmektedir. Genellikle, her bir doku için metal metabolizmasının spesifik bir rolü gelişmiş olduğu belirlenmiştir (De Conto Cinier ve ark., 1999).

Araştırmamızda hiçbir balık türünde ne bakır ne de kurşun düzeyleri deneylerin sürdürüldüğü 30 günlük süre sonunda durağan bir değere ulaşmamıştır. Zira deneylerde verilen bakır ve kurşun dozları ile dokularda biriken metal düzeyleri arasında bir korelasyon saptanamamıştır.

30 günlük deney süresinde ve denenen tüm ortam derişimlerinde kurşun ve bakırın *O.niloticus* ve *C. carpio*'nun dokularındaki birikimi ilk on gün içersinde çok hızlı olmuştur. *Procambarus clarkii*'de yapılan bir araştırmada dokulardaki kurşun birikiminin ilk iki hafta içersinde çok hızlı olduğu belirlenmiştir (Anderson ve ark., 1997).

Ağır metallerin organlardaki birikimleri etkide kalınan süre ve ortam derişimine bağlı olarak değişim göstermektedir. *C. auratus*'da kurşun birikimiyle ilgili yapılan bir çalışmada ortamdaki kurşun derişiminin artışına paralel olarak dokudaki birikiminde arttığı saptanmıştır (Tao ve ark., 1999). *P. clarkii*'de metal birikimi ile ilgili bir çalışmada dokularda kurşun birikiminin etkide kalınan süre ve ortam derişimine bağlı olduğu belirlenmiştir (Anderson ve ark., 1997). *I. nebulosus*'da dokulardaki bakır birikiminin etkide kalınan süre ve ortam derişimine bağlı olarak arttığı saptanmıştır (Brung ve ark.,1973). Bu araştırmada her iki türün dokularında kurşun ve bakırın birikimi süre ve ortam derişiminin artışına bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Bunun büyük bir olasılıkla metallerin sürekli olarak solungaçlardan depolanmak üzere karaciğere ve böbreklere taşınması nedeniyle olabileceği düşünülmektedir.

Metallerin çoğu karaciğer, böbrek ve solungaç gibi hedef organlarda birirmektedir. Bu organlar metalin absorpsiyon, aktivasyon, metabolik detoksifikasyon ve eliminasyon proseslerinde önemli rol oynamaktadır. Bir çok spesifik enzim bu dokularda aktiflik göstermektedir (Kay ve ark., 1986). Ağır metaller diğer doku ve organlarla kıyaslandığında karaciğer, böbrek ve solungaçlarda yüksek düzeyde birikimleri, bu organların fizyolojik rollerinin farklı olmasından ve işlevlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Stripp ve ark., 1990; Kargin ve Erdem, 1992; Tulasi ve ark., 1992; Anderson ve ark., 1997).

Farklı balık türlerinde ağır metal birikimi üzerine yapılan araştırmalarda karaciğerin metalleri diğer organlara göre yüksek düzeyde biriktirdiği saptanmıştır (Kargin ve Cogun, 1999; Hollis ve ark., 2001). Balıklarda karaciğer çeşitli kirleticilerin biotransformasyonunda, ağır metallerin detoksifikasyonu ve atılımında (Ali ve ark., 2003), minerallerin depolanmasında ve sindirim proseslerinde etkin işlevi olan önemli bir organdır. Aynı zamanda metallothionein gibi detoksifikasyon proteinlerinin başlıca sentezlendiği yerdir (De Conto Cinier ve ark., 1999). Bu araştırmada denenen tüm ortam derişimlerinde *O. niloticus* ve *C. carpio*'da karaciğerin

bakırı yüksek düzeyde biriktirmesi, karaciğerin bu iki türde de bakırın depolanması ve detoksifikasyonunda etkin bir işlevi olduğunu göstermektedir. *O. mykiss*'de bakırın bağırsaklarda absorbe olduğu ve buradan hepatik portal sistem ile karaciğere taşındığı saptanmıştır (Handy ve ark., 1999). *O. mykiss*'de 30 günlük deney periyodu sonunda en yüksek bakır birikiminin karaciğerde gerçekleştiği, bunu böbrek ve solungaçların izlediği belirtilmiştir (Hollis ve ark., 2001).

Balıklarda böbrekler, dokularda biriken metalleri vücuttan uzaklaştıran önemli bir organdır. Ağır metallerin bu organda yüksek düzeyde birikmesi bu organının işlevinden kaynaklanmaktadır (Anderson ve ark., 1997). Böbrekler aynı zamanda ağır metallere karşı metal bağlayıcı proteinlerin sentezlendiği önemli bir organdır (Thomas ve ark., 1985; Wood, 1988). Bu çalışmada tüm ortam koşullarında incelenen her iki türün böbreklerinde hem bakır hem de kurşun yüksek düzeyde saptanmıştır. Tulasi ve ark. (1992) *A. testudines*'de kurşun birikimini incelemiş ve en yüksek birikimin böbreklerde olduğunu bunu solungaç ve karaciğerin izlediğini saptamışlardır. Böbrek dokusunda yüksek düzeyde bakırın birikmesi bu dokuda sistein içerikli bakır bağlayıcı proteinlerin fazla olması ve depolama işlevinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Al-Yousuf ve ark., 2000). *O. niloticus* ve *C. carpio*'da denen tüm süre ve derişimlerde en yüksek kurşun birikimi böbreklerde saptanmış olup bunu solungaç ve karaciğerin izlediği belirlenmiştir. *S. trutta* ve *Anguilla anguilla* ile yapılan bir araştırmada böbreklerin kurşun birikimi için hedef bir organ olduğu belirlenmiştir (Linde ve ark., 1999).

Balıklarda solungaçlar iyon ve gaz değişiminde önemli rol oynayan bir dokudur ve ortamda ksenobiotiklerle karşılaştığında onları kontrol etmektedirler. Ağır metallerin etkisine bırakılan balıklarda solungaçlar fazla miktarda mukus salgılayarak onları bağlamakta ve metallerin vücuda girişini engellemektedir. Buna ek olarak metal bağlayıcı proteinler sentezleyerek ağır metallerin vücuda geçişini önlemektedir (Lauren ve McDonald, 1987). Ancak mukus tabakasının tutamadığı metaller dokuya geçerek

birikebilmektedir. *O. mykiss* ile yapılan bir çalışmada diğer dokularla kıyaslandığında solungaçların kurşunun toksik etkilerinden en fazla zarar gören bir doku olduğu ve birikiminde yüksek düzeyde gerçekleştiği saptanmıştır (Roger ve ark., 2003). *C. auratus*'da kurşunun vücuda alınımı ve birikiminin solungaçlar yolu ile olduğu belirlenmiştir (Tao ve ark., 1999). Araştırmamızda her iki türde de denenen tüm ortam koşullarında böbreklerden sonra en yüksek kurşun birikiminin solungaçlarda olduğu, aynı zamanda bakır birikiminin de yüksek düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. *T. mossambicus*'da bakır ve çinkonun en yüksek birikiminin karaciğer ve solungaçlarda olduğu saptanmıştır (Lam ve ark., 1998).

Balıklarda kaslar ağır metalleri biriktirmede metabolik olarak aktif bir doku değildirler. *C. carpio* ve *O. niloticus*'un kas dokusunda hem bakır hem de kurşun birikiminin denenen tüm ortam derişim ve sürelerde diğer organlara oranla oldukça düşük olduğu saptanmıştır. Tatlı su balıklarıyla yapılan araştırmalarda kas dokusunun bakır ve kurşunu diğer dokulara oranla düşük düzeyde biriktirdikleri saptanmıştır (Blevins ve Pancorbo, 1986; Tulasi ve ark., 1992; Kargın, 1998; Kargın ve Cogun, 1999).

Metaller, farklı dokularda farklı birikim oranları göstermektedirler. Balıklarda ağır metallerin hangi doku veya organda öncelikle birikebileceği, metallere ve türlere göre derişim göstermektedir (Legorburu ve ark., 1988; Canlı ve Kargın, 1995; Kargın ve Cogun, 1999). Bu araştırmada her iki türde de en yüksek bakır birikimi karaciğerde saptanırken, en yüksek kurşun birikiminin ise böbreklerde olduğu bulunmuştur. Bakırın hem *C. carpio* hem de *O. niloticus*'un dokularındaki birikimi denenen tüm koşullarda kurşuna göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu büyük bir olasılıkla bakırın hücrenel düzeyde metal bağlayıcı proteinlere ve metallothioneinlere bağlanmasından, kurşunun ise bu tür proteinlere bağlanmaması nedeniyle olabileceği düşünülmektedir. Linde ve ark. (1999) *S. tutta* ve *A. anguilla*'da bakır ve kurşun birikim ve MT sentezinin üzerine etkileri ile ilgili yaptıkları bir çalışmada bakırın MT'lere bağlandığını, kurşunun ise böyle proteinlerin sentezine neden olmadığını saptamışlardır. Bu araştırmada bakıra oranla

kurşun birikiminin her iki türün dokularında da düşük düzeyde olmasında diğer bir etkende, kurşunun solungaçlarda fazla miktarda mukus oluşumuna neden olması (Tao ve ark., 2000) ve oluşan mukusun kurşunu bağlayarak vücuda girişini engellemesi sonucu olabileceği düşünülmektedir.

Araştırmamızda metallerin aynı derişimlerine bırakılan *C. carpio* ve *O. niloticus*'un dokularında metal birikimi bakımından önemli farklılıklar bulunduğu saptanmıştır. Genelde *C. carpio*, *O. niloticus*'a oranla tüm dokularında her iki metali de daha yüksek düzeyde biriktirmiştir. Canlı ve Kargın (1995) yaptıkları bir araştırmada *C. carpio*'nun dokularında Cd, Cr, Pb ve Ni birikiminin *T. nilotica*'ya oranla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Hilmy ve ark. (1987) *T. zilli*'nin çinkoyu *Clarias lazera*'dan daha fazla biriktirdiğini saptamışlardır. Tatlı su balıklarında kadmiyum dağılımıyla ilgili yapılan araştırmada *Salmo gairdneri*, *Rutilus rutilus* ve *Noemachelius barbatulus*'da kadmiyum birikiminin farklılık gösterdiği saptanmıştır (Brown ve ark., 1986).

Balık türlerinin dokularında metal düzeylerindeki farklılıkların birçok nedeni olabilir. Bunların arasında etkide kalınan metal, balığın yaşı, beslenme davranışları ve eşeyi metal biriktirmede önem taşımaktadır (Hilmy ve ark., 1987; Linde ve ark.,1999). Çeşitli balık türlerinin ağır metal biriktirmede farklılık göstermesi metabolik aktivitelerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Balıklar yüksek metabolik aktiviteye sahip olmaları nedeni ile oksijen gereksinimleri çok fazladır ve solungaçlar metal bulunan ortam ile devamlı bir temas içersindedir bunun sonucunda da dokularda metal birikimi de sürekli artmaktadır. Bu araştırmada *C. carpio*'nun dokularında metal birikiminin *O. niloticus*'a oranla yüksek olması, bu balığın yüksek metabolik aktivite göstermesi ve bu iki türün beslenme davranışlarının farklı olması nedeniyle olabilir. *C. carpio* ve *O. niloticus* ile yapılan araştırmalar her iki türün farklı beslenme davranışları gösterdiği ve oksijen isteklerinin de farklı olduğu belirtilmiştir (Tekelioğlu, 1991).

S. trutta ve *A. anguilla*'da bakır birikimi ile ilgili yapılan bir araştırmada bakırın hücrel dağılımının türlerde farklılık gösterdiği, S.

tutta'da bakırın çoğunun hücre sitosolünün dışında biriktiği, *A. anguilla*'da ise bakırın hücre sitosolünde biriktiği saptanmıştır. Araştırmamızda *C. carpio* ve *O. niloticus*'da metallerin birikimlerinin farklı olmasının bir nedeni de metallerin hücresel dağılımının her iki türde de farklı olmasına bağlanabilir.

Tatlı su balıklarının vücut sıvıları buldukları ortama göre hiperosmotik olduğundan solungaç, deri ve barsak yüzeyinden su girişi oldukça fazla olmaktadır. Bu fazla suyu vücut sıvısına oranla hipoosmotik olan idrar ile atmaktadırlar. Tatlı su balıklarında vücuttan kaybedilen iyonların bir kısmı besinlerle alınırken, büyük bir kısmı solungaçlarda bulunan özelleşmiş hücreler vasıtasıyla aktif taşıma sistemiyle ortamdan alınmaktadır. Bu nedenle balıklarda solungaç ve böbrekler osmoregülasyonda önemli işlevi bulunan organlardırlar.

Ağır metaller tatlı su balıklarında osmoregülatör parametrelerinde bir takım değişikliklere neden olmaktadır. Bunların arasında solungaçlarda aktif iyon taşınmasında görev yapan enzimler ve hormonlar üzerindeki etkiler önem taşımaktadır. Aldosteron böbrek tübül hücrelerinde iyonlarının taşınmasını kontrol ederken, kortizol balıklarda hem enerji metabolizmasını hem de iyon homeostasisinde önemli rol oynamaktadır (Pelgrom ve ark., 1995 b). Deniz ve tatlı su balıklarında prolaktin deride su ve iyonlara karşı hücre membran permeabilitesini azaltma ve osmoregülasyonunun düzenlenmesinde işlev yapan önemli bir hormondur (Manzon, 2002).

Balıklarda fizyolojik olayların tam olarak yapılabilmesi ve canlılığın sürdürülebilmesi için hücre içi ve hücre dışı arasında iyon derişimlerdeki dengenin sürekli olarak korunması gerekmektedir. Bunu sağlamak için çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Örneğin Na^+,K^+ -ATPaz sistemi hücre içinde potasyumun, hücre dışında da sodyumun yüksek derişimlerde tutulmasını (Satyavath ve Rao, 2000), Na^+,K^+ -ATPaz ile Ca^{++} - Mg^{++} ATPaz sistemi solungaçlarda ilgili iyonların aktif taşınmalarını (Roger ve ark., 2003; Sloman ve ark., 2003), karbonik anhidraz enzimi Na^+ ve Ca^{++} iyonlarının taşınmalarını (McGeer ve ark., 2000) sağlayarak iyon dengesinin

korunmasında büyük önem taşırlar. Ağır metaller bu enzimlerin sülfidril gruplarına bağlanarak bu sistemlerin inhibisyonuna neden olabilmektedirler. Bu inhibisyon sonucunda gerek solungaçlarda gerekse hücre membranlarından iyon geçişleri aksamakta ve iyon dengesi büyük ölçüde bozulmaktadır. Örneğin bakır *O. mykiss*'de solungaç Na^+, K^+ -ATP az aktivitesini (Wang ve ark., 1998), bakır ve kadmiyum *O. mykiss*'de solungaç karbonik anhidraz aktivitesini (McGeer ve ark., 2000), krom *Periophthalmus dispes*'de solungaç, barsak ve böbreklerde Ca^{++} - Mg^{++} -ATPaz ile Na^+, K^+ -ATPaz aktivitelerini (Thaker ve ark., 1996), kadmiyum *A. anguilla*'nın barsak ve solungaçlarında Na^+, K^+ -ATPaz ile karbonik anhidraz aktivitelerini (Lionetto ve ark., 1998), kurşun *O. mykiss*'de solungaçlarda Ca^{++} -ATPaz ve karbonik anhidraz aktivitelerini (Roger ve ark., 2003), bakır *O. mosaaambicus*'da Na^+, K^+ -ATP az aktivitesini (Pelgrom ve ark., 1995a), bakır *S. gairdneri*'de solungaçlarda Na^+, K^+ -ATP az aktivitelerini inhibe etmiştir.

Ağır metaller proteinlerin özellikle sülfidril gruplarına bağlanarak enzimlerin aktivitelerini değiştirebilmekte ve bir takım konformasyonel değişikliklere neden olabilmektedirler. Solungaçların epitelyum hücrelerinin iyon taşıyıcı basolateral membranları üzerine yerleşen Na^+, K^+ -ATPaz ve Ca^{++} - Mg^{++} -ATPazlar, iyonları bu hücrelerden kanın içersine aktif bir şekilde taşımaktadırlar. Tatlı su balıklarında branşiyal osmoregülasyonun bozulması, iyon taşınmasını sağlayan branşiyal enzimlerin bir inhibisyonu sonucu olduğu birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Pelgrom ve ark., 1995a; Thaker ve ark., 1996; Morgan ve ark., 1997).

Ağır metallerin etkisine bırakılan su organizmalarında iyon regülasyonu, osmoregülasyon, enerji metabolizması ve solunum bozuklukları oluşmaktadır (Bjerregaard ve Vislie, 1986; Depledge ve ark., 1995). Pelgrom ve ark. (1995a) *O. mossambicus* ile yaptıkları bir araştırmada bakırın etkisinde ilk olarak solungaç dokusu ve serum etkilendiği, ikincil olarak da bunları iyon regülasyon bozulmasının izlediğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, yüksek bakır derişimlerinde solungaçlarda

görülen yapısal bozuklukların, iyon taşınmasındaki azalma ve iyon permeabilitesindeki artışın sonucu olduğunu saptamışlardır.

Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Cl^- gibi iyonlar osmolarite ve plazmanın osmotik basıncının korunmasından sorumlu minerallerdirler ve fizyolojik işlevlerin çoğu için gereklidirler. Buna ek olarak bu mineraller büyüme ve iyon homeostasisi için de gereklidirler (Nussej ve ark., 1995; Stouthart ve ark., 1995).

Bu araştırmada denenen bakır ve kurşun ortam derişimleri *C. carpio*'nun karaciğer Na^+ düzeyini derişime ve etkide kalma süresine bağılı olarak azaltmıştır. Solungaç dokusu Na^+ düzeyi denenen bakır derişimlerinde azalırken, kurşun derişimlerinde ise 30. günde bir miktar artış göstermiştir. Böbrek dokusu Na^+ düzeyi bakırın etkisinde artış gösterirken, kurşunun etkisinde genelde düşüş göstermiştir. Kas dokusu Na^+ düzeyi denen her iki metal derişiminden de etkilenmemiştir.

Bakır ve kurşun ortam derişimleri *O. niloticus*'un böbrek dokusundaki Na^+ düzeyini derişime ve etkide kalma süresine bağılı olarak düşürmüştür. Solungaç dokusunda Na^+ düzeyi kurşunun etkisinde artarken, bakırın etkisinde sadece yüksek derişimlerde artmış, düşük derişimlerde ise bir değışiklik olmadığı belirlenmiştir. Karaciğer Na^+ düzeyi bakır ortam derişimlerinden etkilenmezken, kurşun ortam derişimleri ilk 10 günde bir azalmaya neden olmuştur. Kas dokusu Na^+ düzeyi bakırın yüksek ortam derişimlerinden etkilenmediğı kurşun ortam derişimlerinde ise 10 ve 20 günlük süreler sonunda azaldığı belirlenmiştir.

Her iki türde de denenen bakır derişimleri serum Na^+ düzeyini azaltırken, kurşun ortam derişimleri ise serum Na^+ düzeyini arttırdığı saptanmıştır.

Balıklarda solungaçlar, gaz değışimi, asit-baz dengesi, iyon ve osmotik regölasyon gibi önemli işlevlerin gerçekleştiğı bir dokudur (Spry ve Wood, 1984). Tatlı su balıklarının solungaçlarında iyonlar özellikle Na^+ ve Cl^- genelde üç mekanizmayla alınmaktadır. Bunlar 1. aktif, bağımsız ve

elektronütral taşınma, 2. pasif difüzyon, 3.değişebilen difüzyon şekillerinde olmaktadır (Wood, 1988).

Tatlı su balıklarında Na^+ , sodyum kanallarıyla solungaç epitelinin apikal membranlarına geçmektedir (Wood, 1988), hücre içersine giren Na^+ , Na^+/K^+ -ATP az tarafından bazolateral membranlara taşınmaktadır (Sloman ve ark., 2003). Na^+ iyonu buradan aktif taşıma sistemi ile dolaşım sistemine geçmektedir (Wood, 1992; Evans, 1993).

Balıklarda Na^+ ve Cu aynı sodyum kanallıyla taşındığından apikal membran üzerinde Na^+ ve Cu alınımı sırasında muhtemelen bir etkileşim vardır. Cu membran yüzeyinde difüzyon için Na^+ ile rekabete girmekte ve yarıçapının sodyumdan küçük olması nedeniyle sodyum kanalına sodyumdan önce girerek, Na^+ 'ın alınımını azaltmaktadır (Handy ve ark., 2002). Bu araştırmada bakır her iki türde de bazı dokularda ve serumda Na^+ düzeyini azaltmıştır.

Bakır Na^+ 'un antagonistidir ve solungaç epitelyum hücrelerinin bazolateral membranlarında Na^+/K^+ -ATP azın inhibisyonuna neden olarak Na^+ alınımını inhibe etmektedir (Lauren ve McDonald, 1985; Pelgrom ve ark., 1995a; Sloman ve ark., 2003). Bu çalışmada metallerin etkisine bırakılan *O. niloticus*'un serumunda ve *C. carpio*'nun solungaç ve serumunda Na^+ düzeyinin azalması, sodyumun taşınmasının inhibisyonu ve solungaç epitelyumunun permeabilitesindeki artıştan kaynaklanabilir. Lock ve Van Overbeeke (1981) subletal civa derişimlerinde *S. gairdneri*'de Na^+ düzeyinin azalmasını solungaç Na^+/K^+ -ATP az aktivitesinden çok, solungaçların suya permeabilitesindeki artıştan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

O. niloticus'da kurşun ortam derişimleri solungaç dokusu Na^+ düzeyini bir miktar artırmıştır. Hongstrand ve ark. (1999) gümüşün *Platichthys stellatus*'da serum Na^+ düzeyini arttırdığını saptamışlardır. Bakırın tatlı su balıklarının solungaç epiteyumunda hücre dışı Na^+ iyonlarının difüzyonunu stimüle ederek Na^+ iyonlarının artışına neden olduğu belirtilmiştir (Lauren ve McDonald, 1986). Kurşunun etkisine

bırakılan her iki türde de solungaç ve serum Na^+ düzeyinin artması balığın su kaybetmesi (Hilmy ve ark., 1987) ve Na^+ iyonunun yerinin kurşun tarafından zapt edilmesi ile açıklanabilir.

Bakır ve kurşunun etkisine bırakılan *C. carpio* ve *O. niloticus*'un böbrek dokularında Na^+ düzeylerindeki azalma tübüllerin iyonları resorbe edebilmelerinin bozulmasından kaynaklanmaktadır (Bjerregaard ve Vislie, 1985; Nussey ve ark., 1995).

Su organizmalarının doku ve serumlarında ağır metallerin etkisinde Na^+ düzeyinin azaldığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. *O. mykiss*'de bakırın (Wang ve ark., 1998) ve gümüşün (Wood ve ark., 1996) etkisinde serum ve solungaç dokusu Na^+ düzeylerinde azalma olduğu belirlenmiştir. McGeer ve ark. (2000) Cu, Cd ve Zn'un etkisine bıraktıkları *O. mykiss*'de vücut Na^+ derişiminde azalmalar olduğunu saptamışlardır. *C. means* ve *Crangon crangon*'da Cu ve Zn etkisinde hemolenfte Na^+ düzeyinin azaldığı saptanmıştır (Johnson, 1988).

O. mosambicus'da Cu ve Cd kombinasyonunda serum Na^+ derişiminin bakırın etkisinde azaldığı, bu azalmanın Na^+/H^+ değişiminden etkilenmesi sonucu olduğu belirtilmiştir (Pelgrom ve ark., 1995b). Dil balığı ile yapılan bir araştırmada bakırın etkisinde serum Na^+ düzeyinin azaldığı saptanmıştır (Stagg ve Shultleworth, 1982).

Kurşunun etkisine bırakılan *O. mykiss*'de Na^+ ve Cl^- iyonlarının inhibisyonu birkaç şekilde olmaktadır. Bunlar:

1. Apikal membranda alımın için Na^+ ve Pb arasındaki rekabet
2. Sodyum kanallarında Na^+ alımının inhibisyonu
3. Apikal membranlarda H^+ -ATP azın inhibisyonu
4. Karbonik anhidrazın inhibisyonu
5. Bazolateral membranlarda Na^+/K^+ -ATP azın inhibisyonu

Pane ve ark. (2003) nikelin etkisine bırakılan *O. mykiss*'de kas dokusu Na^+ düzeyinin kontrol balıklarına göre pek değişmediğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada *C. carpio* ve *O. niloticus*'un kas dokusu Na^+ düzeyleri denenen her iki metalden de etkilenmemiştir.

Bakır ve kurşun ortam derişimleri *O. niloticus*'un karaciğer ve kas dokusu K^+ düzeyini etkilememiştir. 20.günde 1.0 ve 5.0 mg Cu/L ortam derişimlerinde kas dokusu K^+ düzeyi azalmıştır. Aynı sürede 5.0 mg Pb/L ortam derişimi karaciğer K^+ düzeyini azaltmıştır. Solungaç dokusu K^+ düzeyi bakır ortam derişimlerinden etkilenmediği, kurşun ortam derişimlerinin ise solungaç K^+ düzeyini azalttığı belirlenmiştir. Böbrek dokusu K^+ düzeyi denenen her iki metal ortam derimlerinde de bir artış göstermiştir.

C. carpio'da karaciğer ve kas dokusu K^+ düzeyleri denenen bakır ve kurşun ortam derişimlerinden etkilenmemiştir. Ancak bakır ortam derişimleri 30. günde kas dokusu K^+ düzeyini arttırırken, kurşun ortam derişimleri aynı sürede K^+ düzeyini azaltmıştır. Solungaç dokusu K^+ düzeyi kurşun ortam derişimlerinden etkilenmemiş, bakır ortam derişimlerinde ise azalmıştır. Böbrek dokusu K^+ düzeyi bakır ortam derişimlerinde 20 ve 30 günlük deney periyotlarında azalırken, kurşun ortam derişimlerinde ise arttığı gözlenmiştir.

O. niloticus serum K^+ düzeyi denenen tüm koşullarda her iki metalin etkisinde de artarken, *C. carpio*'da serum K^+ düzeyi bakır ortam derişimlerinin etkisinde artmış, kurşun ortam derişimlerinin etkisinde ise azalmıştır.

C. carpio ve *O. niloticus*'un serum Cl^- düzeyleri bakır ortam derişimlerinde azalırken, kurşun ortam derişimlerinin etkisinde ise artış göstermiştir.

Tatlı su balıkları ile yapılan araştırmalarda, metallerin etkisine bırakılan balıklarda ilk olarak solungaç ve serum iyon dengesinin bozulduğu belirlenmiştir (Pelgrom ve ark., 1995a; Morgan ve ark., 1997; Sloman ve ark., 2003). Pelgrom ve ark. (1995a) bakırın etkisine bırakılan *O. mossambicus*'da serum K^+ düzeyindeki artışın, hücre permeabilitesinin artışı sonucu, serum Cl^- düzeylerindeki azalmanın ise HCO_3^- atılımının azalması sonucu olduğunu belirtmişlerdir. *O. mykiss*'de gümüş serum Cl^- düzeyini azaltmıştır (Morgan ve ark., 1997). Hongstrand ve ark. (1999) bakırın, solungaçlarda hücre içi Cl^- iyonlarının güçlü inhibitörü olduğunu

belirlemişlerdir. *O. mykiss*'de bakırın etkisinde serum Cl^- düzeyi kontrol balıklarına göre azalırken, K^+ düzeyi ise artmıştır (Wang ve ark., 1998). Bakırın etkisine 96 saat bırakıldıktan sonra 7 gün temiz suya bırakılan *Prochilodus scorfa*'da serum Na^+ ve Cl^- düzeyleri azalırken, K^+ düzeyi ise artmıştır (Cerqueira ve Fernandes, 2002). Bakırın etkisine bırakılan *O. mossambicus*'da serum Cl^- düzeyindeki azalma, böbreklerde Cl^- iyonlarının atılmasından kaynaklandığı, K^+ düzeyindeki artışların ise Na^+ düzeyinin azalması nedeni ile intraselüler sıvıda osmotik farklılıklardan oluştuğu belirtilmiştir (Nussey ve ark., 1995). Bu çalışmada bakır, her iki türde de serum K^+ düzeyini arttırırken, Cl^- düzeyini ise azaltmıştır. Serum K^+ düzeyindeki artışın osmotik adaptasyona, Cl^- düzeyindeki azalmaların ise böbrek işlevlerinin bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bakır ve kadmiyum böbreklerde K^+ iyonlarının alınımını engelleyerek azalmasına neden olduğu belirtilmiştir (Sjöbeck ve ark., 1984). Bu araştırmada bakırın etkisinde *C. carpio*'da böbrek K^+ düzeyi 20 ve 30. günlerde azaldığı saptanmıştır.

S. gairdneri'de ortamdaki bakırın artışı ile vücut K^+ ve Cl^- düzeylerinde azalmaların daha fazla olduğu belirtilmiştir (Lauren ve McDonald, 1986). Bakır ve kurşunun yüksek derişimlerine bırakılan *O. niloticus*'un dokularında K^+ düzeylerindeki azalmanın daha fazla olduğu saptanmıştır. Araştırmamız da *C. carpio*'da solungaç K^+ düzeyinin azalması, bakırın membran permeabilite özelliklerini değiştirmesi ve solungaçlarda hasarların oluşmasından (Nussey ve ark., 1995) kaynaklanabilir.

Civanın etkisine bırakılan *C. means*'da K^+ ve Cl^- düzeylerinde değişiklikler, solungaçlarda Na^+/K^+ -ATP az aktivitesinin inhibisyonu ve solungaçların iyon permeabilitesindeki artıştan kaynaklandığı belirtilmiştir (Bjerregaard ve Vislie, 1985). Araştırmamızda her iki metalin etkisine bırakılan hem *C. carpio* hemde *O. niloticus*'un doku ve serumlarında K^+ ve Cl^- iyonlarındaki değişiklikler, K^+ taşınmasını sağlayan Na^+/K^+ -ATPaz aktivitesinin inhibisyonu ve solungaç iyon permeabilitesindeki artışa bağlanabilir.

Kurşun *O. mykiss*'de Na^+/K^+ -ATP' azın aktif kesiminde karboksil guruplarına bağlanarak enzimin inhibüsyonuna neden olmuştur. Aktivitedeki bu azalma iyon alım oranında azalmaya neden olmuştur (Roger ve ark., 2003). Bu çalışmada kurşun *C. carpio*'da serum K^+ düzeyini azalttığı saptanmıştır.

Bakır ve kurşun ortam derişimlerinin etkisinde *O. niloticus*'un solungaç ve karaciğer Ca^{++} düzeyleri artmıştır. Böbrek Ca^{++} düzeyi denenen bakır ortam derişimlerinde 20. günde artarken, 30. günde bir miktar azalmıştır. Denenen kurşun ortam derişimlerinde ise böbrek Ca^{++} düzeyi bir miktar artmıştır. Kas dokusu Ca^{++} düzeyi 10. ve 30. günlerde denenen bakır derişimlerinden etkilenmemiş, denenen kurşun ortam derişimlerinde ise sadece 20. günde bir miktar azalmaya neden olmuştur.

Denenen bakır ortam derişimleri *C. carpio*'nun tüm dokularında Ca^{++} düzeylerini arttırmıştır. Denenen kurşun ortam derişimleri, karaciğer hariç diğer dokularda Ca^{++} düzeylerini arttırırken, karaciğerde bir miktar azaltmıştır.

O. niloticus'da denenen bakır ve kurşun derişimleri serum Ca^{++} düzeyini azaltırken, *C. carpio*'da denenen bakır ortam derişimlerinde serum Ca^{++} düzeyi azalırken, kurşun ortam derişimlerinde ise artış göstermiştir.

Kadmiyumun *S. gairdneri*'de fizyolojik parametreler üzerine etkileri ile ilgili yapılan bir araştırmada, kadmiyumun Ca^{++} -ATP az aktivitesini inhibe etmesi sonucu, sudan difüzyonla solungaç dokusuna alınan Ca^{++} 'un bazolateral membran boyunca dolaşım sistemine taşınmayarak solungaç dokusunda yoğunlaştığı belirtilmiştir (Verbost ve ark., 1987; 1989). *C. means*'da civa solungaçlarda Ca^{++} taşınmasını stimüle ederek yoğunlaşmasına neden olmuştur (Bjerregaard ve Vislie, 1985). Araştırmamız da bakır ve kurşun ortam derişimlerinin etkisinde her iki balık türünün dokularında özellikle solungaç dokusunda Ca^{++} düzeyleri artmıştır.

O. mykiss'de kadmiyumun ortam derişimlerinin etkisinde serum Ca^{++} düzeyinde azalmalar olduğu, bunun apikal alım kanallarındaki rekabetle ilişkili olduğu belirlenmiştir (Verbost ve ark., 1989). Pelgrom ve ark (1995b)

O. mossambicus ile yaptıkları bir araştırmada kadmiyumun ortam derişimlerinin etkisinde, serum Ca^{++} düzeyinin kontrol değerlerinin yarısına düştüğünü saptamışlardır. Kurşun ortam derişimine bırakılan *O. mykiss*'de serum Ca^{++} düzeyi %31 oranında azalmış ve Ca^{++} düzeyindeki bu azalma hipokalsemiya'ya neden olmuştur. Bu balıklarda iyon taşıyıcı hücrelerin apikal membranları üzerinde Pb ve Ca^{++} arasında alınımlar için direkt bir rekabetin olduğu belirtilmiştir (Roger ve ark., 2003). Ca^{++} -ATP az'a yüksek afinite göstermesi nedeni ile kurşunun bazolateral taşınma mekanizmasını inhibe ettiği belirlenmiştir (Flik ve ark., 1993). Bu araştırmada kurşun, *O. niloticus*'un serum Ca^{++} düzeyini azalttığı saptanmıştır.

Balıklarda kurşun (Roger ve ark., 2003) ve bakır (Shephard ve Simkiss, 1978) Ca^{++} -ATP az'ın taşıma görevini engellemesi neden ile doku ve serumda Ca^{++} düzeyinde değişikliklerin oluşmasına neden olmaktadır. Araştırmamızda her iki balık türünün de doku ve serumlarında Ca^{++} düzeyinde değişikliklerin saptanması, bakır ve kurşunun solungaç dokusunda Ca^{++} taşınmasını engellemesinden kaynaklanabilir. *C. means*'de bakır, Ca^{++} -ATP azı direkt engellemesi veya indirekt olarak Na^{+}/Ca^{++} pompasını bozması sonucu aktif Ca^{++} taşınmasını engellemektedir (Bjerregaard ve Vislie, 1986).

Bakırın etkisine bırakılan her iki balık türünün de serum Ca^{++} düzeyinin azaldığı belirlenmiştir. Bu büyük bir olasılıkla bakır ortam derişimlerinin etkisinde böbrek tübüllerinin işlevlerinin bozulması (Nussey ve ark., 1995) sonucu olabilir.

Bjerregaard ve Vislie, (1985) Civanın *C. means*'de iyon ve osmoregülasyona etkisi ile ilgili yaptıkları bir araştırmada, civanın hemolenfte Ca^{++} düzeyini arttırdığı ve bunun büyük Ca^{++} depolama organlarından (hepatopankreas) Ca^{++} 'un serbest kalması sonucu olabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada kurşun ortam derişimlerinin etkisine bırakılan *C. carpio*'da serum Ca^{++} düzeyinin arttığı saptanmıştır.

Kurşun ortam derişimleri *O. niloticus*'un solungaç ve kas dokusu Mg^{++} düzeyini derişime ve etkide kalma süresine bağlı olarak arttırmıştır.

Bakır ortam derişimleri ise aynı dokularda sadece 30. günde Mg^{++} düzeyini arttırmıştır. Böbrek dokusu Mg^{++} düzeyi her iki metalin etkisinde de genelde bir azalma göstermiştir. Karaciğer Mg^{++} düzeyi bakır ve kurşun etkisinde 20. günde artarken, diğer sürelerde ise değişmemiştir.

Bakır ve kurşun ortam derişimleri *C. carpio*'da 10. ve 20. günde denenen ortam derişimlerinde karaciğer Mg^{++} düzeylerini arttırmıştır. Böbrek dokusu Mg^{++} düzeyi kurşunun etkisinde denenen koşullarda artarken, bakırın etkisinde sadece yüksek ortam derişimlerinde artmıştır. Kas dokusu Mg^{++} düzeyi bakır ve kurşunun etkisinde tüm derişim ve sürelerde arttığı belirlenmiştir. Solungaç dokusu Mg^{++} düzeyi kurşunun etkisinde değişmediği, bakırın etkisinde ise 20. günde tüm derişimlerde arttığı saptanmıştır.

O. niloticus'da serum Mg^{++} düzeyleri denenen her iki metalin etkisinde de azalırken, *C. carpio*'da serum Mg^{++} düzeyleri denenen her iki metalin etkisinde de artış gösterdiği belirlenmiştir.

Magnezyum canlılar için gerekli bir mineral olup, kemik dokusundaki işlevine ek olarak, karbonhidrat metabolizması ve protein sentezi gibi fizyolojik işlevlerde önemli görevleri bulunan bir iyondur. Mg^{++} solungaç apikal membranlarında pasif bir şekilde taşındığı belirlenmiştir (Flik ve ark., 1993). Mg^{++} iyon derişimi hücresel düzeyde membranda bulunan Mg^{++} -ATP az tarafından kontrol edilmekte ve ağır metallerin Mg^{++} -ATP az'ı inhibe etmesi sonucu Mg^{++} düzeyi değişebilmektedir. *Periophthalmus dispes*'de krom solungaç ve böbrek dokularında Mg^{++} -ATPazı inhibe etmiştir (Thaker ve ark., 1996). Bu araştırmada hem bakır hemde kurşunun serum Mg^{++} düzeylerini düşürmesi, Mg^{++} -ATPaz sisteminin inhibisyonu sonucu olabilir.

Kadmiyum *S. gairdneri*'de serum Mg^{++} düzeyini arttırdığı belirlenmiştir (Giles, 1984). *O. mykiss*'de kurşunun ortam derişimlerinin etkisinde serum Mg^{++} düzeyi 72 saat sonra %36 oranında artış göstermiştir (Roger ve ark., 2003). Bu çalışmada, *C. carpio*'da her iki metalin etkisinde ve denenen tüm koşullarda serum Mg^{++} düzeyinin arttığı saptanmıştır. Serum

Mg⁺⁺ düzeyinin artması, böbrek tübüllerinde işlevsel bozukluklar ve serum Ca⁺⁺ düzeyindeki azalmaya bağlı olabilir. Roger ve ark. (2003) Ca⁺⁺/ Mg⁺⁺ arasında negatif bir ilişki bulunduğuna dair sekonder delillerin bulunduğunu belirtmişlerdir. Pratap ve ark.(1989) gökkuşuğu alabalığı ile yaptıkları bir araştırmada Cd'un etkisinde serum Mg⁺⁺ düzeyinin arttığını saptamışlardır. Araştırmacılar bu artışın böbrek tübüllerinin işlev yapamaması ve serum Ca⁺⁺ düzeyindeki düşüşe bağlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Türlerin doku ve serumlarında iyon düzeylerindeki değişiklikler, her bir türün metale olan hassaslığının farklı olması neden ile farklılık göstermektedir. Alüminyuma yüksek tolerans gösteren *Esox lucius*, *Rutilus rutilus* ile karşılaştırıldığında iyon değişim oranının oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. *R. rutilus*'un alüminyuma daha hassas olması neden ile vücut iyon düzeylerinin azaldığı belirlenmiştir (Keinanen ve ark., 2000). Bu araştırmada bakır ve kurşun derişimlerinin etkisine bırakılan her iki türde de iyon düzeylerinde değişikliklerin olduğu, ancak *C. carpio*'nun *O. niloticus*'a oranla metallere karşı daha hassas olması (Erdem ve Kargın, 1992) nedeni ile *C. carpio*'da iyon değişim oranının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, *O. niloticus*'un *C. carpio*'ya oranla metal birikim ve toksisitesine karşı daha dirençli bir tür olduğu ve iyon regülasyonu ile osmoregülasyonun da *C. carpio*'dan daha iyi olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- ABEL, P.B. and PAPOUTSOGLOU, S.E., 1986 , Lethal Toxicity of Cadmium to *Cyprinus carpio* and *Tilapia aurea* . Bull. Environ. Contam. Toxicol., 37: 382-386.
- AL-YOUSUF, M. H., EL-SHAHAWI, M. S. and AL-GHARIS, S. M., 2000. Trace Metals in Liver, Skin and Muscle of *Lethrinus lentjan* Fish Species in Relation to Body Length and Sex. The Science of Total Environment., 256: 87-94.
- ALI, B. A., AL-OGAILY, S. M., AL-ASGAH, N. A. and GROPP, J., 2003. Effect of Sublethal Concentrations of Copper on the Growth Performance of *Oreochromis niloticus*. J. Appl. Ichthyol., 19: 183-188.
- ANDERSON, M. B., PRESLAN, J. E., JOLIBOIS, L., BOLLINGER, J. E. and GEARGE, W. J., 1997. Bioaccumulation of Lead Nitrate in Red Swamp Cryfish (*Procambarus clarkii*). Journal of Hazardous Materials, 54: 15-29.
- ARELLANO, J. M., STORCH, V. and SARASQUETE, C., 1999. Histological Changes and Copper Accumulation in Liver and Gills of the Senegales Sole, *Solea senegalensis*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 44: 62-72.
- ASTORGA-ESPANA, M. S., PENA-MENDEZ, E. M. and MONTELONGO F. J., 1999. Application of Principal Component Analysis to The Study of Major Cations and Trace Metals in Fish From Tenerife (Canary Islands). Chem. and Intell. Lab., Sys., 49: 173-178.
- BEAUMONT, A. R., TSERPES, G. and BUDD, M. D., 1995. Some Effects of Copper on the Veliger Larvae of the Mussel *Mytilus edulis* and the Scallop *Pecten maximus* (Mollusca, Bivalvia). Marine Environmental Research, 21: 299-309.
- BERMAN, E., 1980. Copper in "Toxic Metals and Their Analysis". Chapter 12: 88-100., Heyden&Son LTD, London.
- BJERREGAARD, P. and VISLIE, T., 1985. Effect of Mercury on Ion and Osmoregulation in the Shore Crab *Carcinus maenas* (L.). Comp. Biochem. Physiol., Vol. 82C, (1): 227-230.

- BJERREGAARD, P. and VISLIE, T., 1986. Effect of Copper on Ion-And Osmoregulation in the Shore Crab *Carcinus maenas* Marine Biology, 91: 69-76.
- BLEVINS, R. D. and PANCORBO, O. C., 1986. Metal Concentrations in Muscle of Fish from Aquatic Systems in East Tennessee, U. S. A. Water, Air and Soil Pollution, 29: 361-371.
- BRICKNELL, I. R., BOWDEN, T.J., BRUNO, D. W., MACLACHLAN, P.,JOHNTONE, R. and ELLIS, A. E., 1999. Susceptibility of Atlantic Halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.) to Infection with Typical and Atypical *Aeromonas salmonicida*. Aquaculture, 175: 1-13.
- BROWN, M.W., THOMAS, D.G., SHURBEN, D., SOLBE, J.F., KAY, J. and CREYER, D., 1986. A Comparasion of the Differential Accumulation Cadmium in the Tissues of Three Species of Freshwater Fish , *Salmo gairdneri*, *Rutilus rutilus* and *Noemacheilus barbatus*. Comp. Biochem. Physiol., 84C, (2): 213-217.
- BRUNG, W.A., LEONARD, E.N. and Mc KIM., 1973. Acute and Long-Term Accumulation of Copper by the Brown Bullhead, *Ictalurus nebulosus*. J. Fish. Res. Board. Can., 30: 583-586.
- BUCKLEY, J. T., ROCH, M., McCARTER, J. A., RENDELL, C. A. and MATHERSON, A. T., 1982. Chronic Exposure of Coho Salmon to Sublethal Concentrations of Copper-I. Effects of Growth, on Accumulation and Distribution of Copper and on Copper Tolerance. Comp. Biochem. Physiol., 72 C (1): 15-19.
- BURDEN, V. M., SANDHEINRICH, M. B. and CALDWELL, C. A., 1998. Effects of Lead on the Growth and δ -aminolevulinic Acid Dehydratase Activity of Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. Environmental Pollution, 101: 285-289.
- CAMPANA, O., SARASQUETE, C. and BLASCO, J., 2003. Effect of Lead on ALA-D Activity, Metallothionein Levels, and Lipid Peroxidation in Blood, Kidney, and Liver of the Toadfish *Halobatrachus didactylus*. Ecotoxicology and Environmental Safety. 55: 116-125.

- CANLI, M. and KARGIN, F., 1995. A Comparative Study on Heavy Metal (Cd, Cr, Pb and Ni) Accumulation in the Tissues of The Carp *Cyprinus carpio* and Nile Fish *Tilapia nilotica*. Doğa-Tr. J. of Zoology, 19: 165-171.
- CEARLEY, J. E. and COLEMAN, R. L., 1974. Cadmium Toxicity and Bioconcentration in Laregmouth Bass and Bluegill. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol.11: 146-151.
- CERQUEIRA, C. C. C. and FERNANDES M. N., 2002. Gill Tissue Recovery after Copper Exposure and Blood Parameter Responses in the Tropical Fish *Prochilodus scrofa*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 52: 83-91.
- COGUN, H. Y. and KARGIN, F., 2004. Effects of pH on the Mortality and Accumulation of Copper in Tissues of *Oreochromis niloticus*. Chemosphere, 55: 277–282.
- COGUN, H. Y., KARGIN, F. and YUZEREROGLU T. A., 2003. Accumulation of Copper and Cadmium in Small and Large Nile Tiapia *Oreochromis niloticus*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 71: 8523-8528.
- COLVIN, L. 1984. Uptake of Copper in the Gills and Liver of Perch, *Perca fluviatilis*. Ecological Bulletins, 36; 57-61.
- CROKE, S. J. and McDONALD, D. G., 2002. The Further Development of Ionoregulatory Measures as Biomarkers of Sensitivity and Effect in Fish Species. Environ. Toxicol. Chemist., 21 (8): 1683-1691.
- DE-CONTO CINIER, C. De C., Petit-Ramel, M., FAURE, R., Garin, D. and BOUVET, Y., 1999. Kinetics of Cadmium Accumulation and Elimination in Carp *Cyprinus carpio* Tissues. Comparative Biochemistry and Physiology, 122: 345-352.
- DEPLEDGE, M. H., AAGAARD, A. and GYORKOS, P., 1995. Assessment of Trace Metal Toxicity Using Molecular, Physiological and Behavioural Biomarkers. Marine Pollut. Bull., 31: 19-27.
- DIETRICH, D. and SCHLATTER, C., 1989. Aluminum Toxicity to Rainbow Trout at Low pH. Aquatic Toxicology, 15: 197-212.

- ERDEM, C. ve KARGIN, F., 1990. Farklı Ortam Derişimlerinde *Tilapia nilotica* (L.)'nın Doku ve Organlarında Bakır Birikimi. Doğa-Tr. J. of Zoology, 14: 173-178.
- ERDEM, C. and KARGIN, F., 1992. A Comparative Study on the Accumulation of Copper in Liver, Spleen, Stomach, Intestine, Gill and Muscle Tissues of *Cyprinus carpio* and *Tilapia nilotica*. Biyokimya Dergisi, Cilt XVII, Sayı (1): 13-27.
- EVANS, D.H., 1993. Osmotic and Ionic Regulation. In Evans, D. H. (Ed.), The Physiology of Fishes, CRC Pres, Boca Raton, FL: 315-341.
- FELTS, P. A. and HEATH, A. G., 1984. Interaction of Temperature and Sublethal Environmental Copper Exposure on the Energy Metabolism of Bluegill, *Lepomis macrochirus* Rafinesque. J. Fish Biol., 25: 445-453.
- FLIK, G. and PERRY, S. F., 1989. Cortisol Stimulates Whole Body Calcium Uptake and the Branchial Calcium Pump in Freshwater Rainbow Trout. Journal of Endocrinology, 120: 75-82.
- FLIK, G., VAN DER VELDEN, J. A., DECHERING, K. J., VERBOST, P. M., SCHOENMAKERS, T. J. M., KLAR, Z. I. and WENDELAAR BONGA, S. E., 1993. Ca²⁺ and Mg²⁺ Transport in Gills and Gut of Tilapia; *Oreochromis mossambicus*: A Review. J. Exp. Zool., 265: 356-365.
- FLIK, G. and VERBOST, P. M., 1993. Calcium Transport in Fish Gills and Intestine. J. Exp. Biol., 184: 17-29.
- FU, H., LOCK, R. A. C. and BONGA, S. E. W., 1989. Effect of Cadmium on Prolactin Cell Activity and Plasma Electrolites in the Freshwater Teleost *Oreochromis mossambicus*. Aquatic Toxicology, 14: 295-306.
- GILES, M. A., 1984. Electrolyte and Water Balance in Plasma and Urine of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) During Chronic Exposure to Cadmium. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 1678-1685.
- GUNN, J.M. and NOAKES, D.L.G., 1987. Latent Effects of Pulse Exposure to Aluminum and Low pH on Size, Ionic Composition, and Feeding Efficiency of Lake Trout (*Salvelinus namaychus*) Alevins. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 1418-1424.

- HANDY, R. D., SIMS, D. W., GILES, A., CAMPBELL, H. A. and MUSONDA, M. M., 1999. Metabolic Trade-off Between Locomotion and Detoxification for Maintenance of Blood Chemistry and Growth Parameters by Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) During Chronic Dietary Exposure To Copper. *Aquatic Toxicology*, 47: 23-41.
- HANDY, R. D., EDDY, F. B. and BAÏNES, H., 2002. Sodium-Dependent Copper Uptake Across Epithelia: A Review of Rationnale with Experimental Evidence From Gill and Intestine. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1566: 104-115.
- HAWKINS, A. D., 1981. *Aquarium systems*, Academic Pres., London, 452 pp.
- HEATH, A. G., 1987. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press., 24 pp. Florida USA.
- HILMY, A. M., SHABANA, M. B. and DAABEES, A. Y., 1985. Bioaccumulation of Cadmium: Toxicity in *Mugil cephalus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 81C(1): 139-143.
- HILMY, A. M., EL DOMIATY, N. A., DAABEES, A. Y. And ALSARHA, A., 1987. The Toxicity to *Clarias lazera* of Copper and Zinc Applied Jointly. *Comp. Biochem. Physiol.*, 87 C (2): 309-314.
- HODSON, P. V., 1988. The Effect of Metal Metabolism on Uptake, Disposal and Toxicity in Fish. *Aquatic Toxicology*, 11: 3-18.
- HOLLIS, L., HOGSTRAND, C. and WOOD, C. M., 2001. Tissue-Specific Cadmium Accumulation, Metallothionein Induction, and Tissue Zinc and Copper Levels During Chronic Sublethal Cd Exposure in Juvenil Rainbow Trout. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 41: 468-474.
- HONGSTRAND, C., FERGUSON, E. A., GALVES, F., SHAW, J. R., WEBB, N. A. and WOOD, C. M., 1999. Physiology of Acute Silver Toxicity in the Starry Flounder (*Platichthys stellatus*) in Seawater. *J. Comp. Physiol., B*. 169: 461-473.
- HUTCHINSON, N.J. and SPRAGUE, J.B., 1989. Lethality of Trace Metal Mixtures to Americans Flagfish in Neutralized Acid Water. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 18: 249-254.

- JOHNSON, I., 1988. The Effects of Combinations of Heavy Metals, Hypoxia and Salinity on Ion Regulation in *Crangon crangon* (L) and *Carcinus maenas* (L). *Comp. Biochem. Physiol.*, 91 C, 2: 459-463.
- KARGIN, F. ve ERDEM, C., 1991. *Cyprinus carpio*'da Bakırın Karaciğer, Dalak, Mide, Barsak, Solungaç ve Kas Dokularındaki Birikimi. *Doğa-Tr. J. of Zoology*, 15: 306-314.
- KARGIN, F. ve ERDEM, C., 1992. Bakır- Çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın Karaciğer, solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. *Doğa-Tr. J. of Zoology*, 16: 343-348.
- KARGIN, F., 1996. Seasonal Changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* Collected From Iskenderun Gulf (Turkey). *Water, Air and Soil Pollution*, 90: 557-562.
- KARGIN, F., 1998. Metal Concentrations in Tissues of the Freshwater fish *Capoeta barroisi* From the Seyhan River (Turkey). *Water, Air and Soil Pollution*, 60 (5): 822-828.
- KARGIN, F. and COGUN, H. Y., 1999. Metal Interactions During Accumulation and Elimination of Zinc and Cadmium in Tissues of the Freshwater Fish *Tilapia nilotica* . *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 63: 511-519.
- KARGIN, F., DONMEZ, A. and COGUN, H. Y., 2001. Distribution of Heavy Metals in Different Tissues of the Shrimp *Penaeus semiculatus* and *Metapenaeus monocerus* from the Iskenderun Gulf, Turkey: Seasonal Variations. *Bull Environ Contam Toxicol.*, 66: 102-109.
- KAY, J., THOMAS, D. G., BROWN, M. W., CRYER, A., SHURBEN, D., SOLBE, J. F. G. and GARVEY, S., 1986. Cadmium Accumulation and Protein Binding Patterns in Tissues of Rainbow Trout *Salmo gairdneri*. *Environmental Health Perspectives*, 65: 133-139.
- KEINANEN, M., PEURANEN, S., NIKINMAA, M., TIGERSTEDT, C. and VUORINEN, P. J., 2000. Comparison of the Responses of the Yolk-Sac Fry of Pike (*Esox lucius*) and Roach (*Rutilus rutilus*) to Low pH and Aluminium: Sodium Influx, Development and Activity. *Aquatic Toxicology*, 47: 161-179.

- LACROX, G.L., GORDON, D.J. and JOHNSTAN, D.J., 1985. Effects of Low Environmental pH on the Survival, Growth, and Ionic Composition of Postemergent Atlantic Salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42: 768-775.
- LAM, K. L., KO, P. W. and JUDY, K. Y., 1998. Metal Toxicity and Metallothionein Gene Expression Studies in Carp and Tilapia. Marine Environ. Res., 46, 563-566.
- LAUREN, D. J. and McDONALD, D. G. 1985. Effects of Copper on Branchial Ionoregulation in the Rainbow Trout, *Salmo gairdneri* Richardson Modulation by Hardness and pH. J. Comp. Physiol., B. 155: 635-644.
- LAUREN, D.J. and Mc DONALD, D.G., 1986. Influence of Water Hardness, pH and Alkalinity on the Mechanisms of Copper Toxicity in Juvenile Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43: 1488-1496.
- LAUREN, D. J. and McDONALD, D. G., 1987. Acclimation to Copper by Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*: Physiology. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 44: 99-104.
- LEGORBURU, I., CANTON, L. and CASADO, A., 1988. Trace Metal Levels in Fish From Urola River (Spain) *Anguillidae*, *Mugillidae* and *Salmonidae*. Environmental Technology Letters, 9: 1373-1378.
- LINDE, A. R., SANCHEZ-GALAN, S., KLEIN, D., GARCIA-VAZQUEZ, E. and SUMMER, K. H., 1999. Metallothionein and Heavy Metals in Brown Trout (*Salmo trutta*) and European Eel (*Anguilla anguilla*): A Comparative Study. Ecotoxicology and Environmental Safety, 44: 168-173.
- LIONETTO, M. G.,MAFFIA, M.,CAPPELLO, M. S., GIORDANO, M. E.,STORELLI, C. and SCHETTINO, T., 1998. Effect of Cadmium on Carbonic Anhydrase and Na⁺-K⁺-ATPase in Eel, *Anguilla anguilla*, Intestine and Gills. Comp. Biochem. and Physiol., A, Molecular and Integrative Physiology, 120 (1): 89-91.
- LOCK, R. A. C. and VAN OVERBEEKE, A. P., 1981. Effects of Mercuric Chloride and Methyl Mercuric Chloride on Mucus Secretion in Rainbow Trout, *Salmo gairdneri* (Richardson). Comp. Biochem. Physiol., 69: 67-73.

- MANZON, L. A., 2002. The Role of Prolactin in Fish Osmoregulation: A Review. *General and Comparative Endocrinology*, 125: 291-310
- MAZON, A. F. and FERNANDEZ, M. N., 1999. Toxicity and Tissue Accumulation of Copper in the Tropical Freshwater Fish, *Prochilodus scrofa* (Prochilodontidae). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 63: 797-804.
- McDONALD, D. G., TANG, Y. and BOUTILIER, R. G., 1989. Acid and Ion Transfer Across the Gills of Fish: Mechanisms and Regulation. *Can. J. Zool.*, 67: 3046-3054.
- McDONALD, A., SILK, L., SCHWARTZ, M. and PLAYLE, R. C., 2002. A Lead-Gill Binding Model to Predict Acute Lead Toxicity to Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comp. Biochem. Physiol., C*. 133: 227-242.
- McGEER, J. C., SZEDEDINSZKY C., McDONALD D. G. and WOOD C. M., 2000. Effect of Chronic Sublethal Exposure to Waterborne Cu, Cd or Zn in Rainbow trout 2: Tissue Specific Metal Accumulation. *Aquatic Toxicology*, 50: 245-256.
- MORGAN, I. J., HENRY, R. P. and WOOD, C. M., 1997. The Mechanism of Acute Silver Nitrate Toxicity in Freshwater Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) is Inhibition of Gill Na⁺ and Cl⁻ Transport. *Aquatic Toxicology*, 38: 145-163.
- MORGAN, J. D., SAKAMOTO, T., GRAU, E. G. and IWAMA, G. K., 1997. Physiological and Respiratory Responses of the Mozambique Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to Salinity Acclimation. *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 117A, 3: 391-398.
- MUNOZ, M. J., CARBALLO, M. and TARAZONA, J. V., 1991. The Effect of Sublethal Levels of Copper and Cyanide on Some Biochemical Parameters of Rainbow Trout Along Subacute Exposure. *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 100C (3): 577-582.
- MURAMOTO, S., 1983. Elimination of Copper from Cu-Contaminated Fish by Long-Term Exposure to EDTA and Fresh-Water. *J. Environ. Sci. Health.*, A18 (3): 455-461
- MURPHY, C. B. Jr, and SPIEGEL, S. J. 1983. Bioaccumulation and Toxicity of Heavy Metals and Related Trace Elements. *Water Pollution*, Vol.55, No.6, 816-821.

- NADDY, R. B., STUBBLEFIELD, W. A., MAY, J. R., TUCKER, S. A. and HOCKETT, J. R., 2002. The Effect of Calcium and Magnesium Ratios on the Toxicity of Copper to Five Aquatic Species in Freshwater. *Environ. Toxicol. and Chem.*, 21: 347-352.
- NEMCSOK, J.G. and HUGHES, G.M., 1988. The Effect of Copper Sulphate on Some Biochemical Parameters of Rainbow trout. *Environmental Pollution*, 49: 77-85.
- NUSSEY, G., VAN VUREN, J. H. J. and DU PREEZ, H. H., 1995. Effect of Copper on the Haematology and Osmoregulation of the Mozambique Tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae). *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 111C: 369-380.
- OLSON, K. R., BERGMAN, H. L. and FROMN, P. O., 1973. Uptake of Methylmercuric Chloride and Mercuric Chloride by Trout: A Study of Uptake Pathways Into the Whole Animal and Uptake by Erythrocytes in Vitro. *J. Fish. Res. Broad Can.*, 30: 1293-1299.
- PANE, E. F., RICHARDS. J. G. and WOOD, C. M., 2003. Acute Waterborne Nickel Toxicity in the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Occurs by a Respiratory Rather Than Ionicregulatory Mechanism. *Aquatic Toxicology*, 65: 65-82.
- PELGROM, S. M. G. J., LOCK, R. A. C., BALM, P. H. M. and WENDELAAR BONGA, S. E., 1995a. Integrated Physiological Response of Tilapia, *Oreochromis mossambicus*, to Sublethal Copper Exposure. *Aquatic Toxicology*, 32: 303-320.
- PELGROM, S. M. G. J., LOCK, R. A. C., BALM, P. H. M. and WENDELAAR BONGA, S. E., 1995b. Effects of Combined Waterborne Cd and Cu Exposures on Ionic Composition and Plasma Cortisol in Tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Comp. Biochem. and Physiol. C*, 111, (2): 227-235.
- PLAYLE, R. C., 1998. Modelling Metal Interactions at Fish Gills. *The Science of the Total Environment*, 219: 147-163.
- PRATAP, H. B., FU, H., LOCK, R. A. C. and WENDELAAR BONGA, S. E.. 1989. Effect of Waterborne and Dietary Cadmium on Plasma Ions of Teleost

- Oreochromis mossambicus* in Relation to Water Calcium Levels. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 18: 568-575.
- REICHERT, W. L., FEDERIGH, D. A. and MALINS, D. C., 1979. Uptake and Metabolism of Lead and Cadmium in Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Comp. Biochem. Physiol., 63 C: 229-234.
- ROGER, J. T., RICHARDS, J. G. and WOOD, C. M., 2003. Ionoregulatory Disruption as the Toxic Mechanism for Lead in the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquatic Toxicology, 64(2): 215-234.
- ROMAO, S., FREIRE, C.A and FANTA, E., 2001. Ionic Regulation and Na, K-ATPase Activity in Gills and Kidney of the Antarctic Agglomerular Cod Icefish Exposed to Dilute Sea Water. Journal of Fish Biology, 59: 463-468.
- RUPARELIA, S. G., VERMA, Y., MEHTA, N. S. and SALYED, S. R., 1989. Lead-Induced Biochemical Changes in Freshwater Fish *Oreochromis mossambicus*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 43: 310-314.
- SATYAVATHI, C. and RAO, Y. P., 2000. Inhibition of Na⁺, K⁺-ATPase in *Penaeus indicus* Postlarvae by Lead. Comp. Biochem. Physiol., C. 127: 11-22.
- SCHAMPHELAERE, K. A. C. and JANSSEN, C. R., 2002. Effects of Dissolved Organic Carbon Concentration and Source, pH, and Water Hardness on Chronic Toxicity of Copper to *Daphnia magna*. Environmental Toxicology and Chemistry, 23: 1115-1122.
- SEGNER, H., 1987. Response of Fed and Starved Roach, *Rutilus rutilus*, to Sublethal Copper Contamination. J. Fish Biol., 30: 423 – 437.
- SHEPHARD, K. and SIMKISS, K., 1978. The Effects of Heavy Metal Ions on Ca²⁺ ATPase Extracted From Fish Gills. Comp. Biochem. Physiol., 61 B: 69-72.
- SINGH, H. S. and REDDY, T. V., 1990. Effect of Copper Sulfate on Hematology, Blood Chemistry, and Hepato-somatic Index of an Indian Catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), and Its Recovery. Ecotoxicol. Environ. Safe. 20, 30-35.
- SJÖBECK, M., HAUX, C., LARSSON, A. and LITHNER, G., 1984. Biochemical and Hematological Studies on Perch, *Perca fluviatilis*, from the Cadmium-

- Contaminated River Eman. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 8: 303-312.
- SLOMAN, K. A., MORGAN, T. P., McDONALD, D. G. and WOOD, C. M., 2003. Socially-induced Changes in Sodium Regulation Affect the Uptake of Water-borne Copper and Silver in the Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Comp. Biochem. and Physiol.*, C. 135: 393-403.
- SPRY, D. J. and WOOD, C. M., 1984. Acid-Base, Plasma Ion and Gas Changes in Rainbow Trout During Short Term Toxic Zinc Exposure. *J. Comp. Physiol.*, B. 154: 149-158.
- STAGG, R. M. and SHUTTLEWORTH, T. J., 1982. The Accumulation of Copper in *Platichthys flesus* L. and Its Effects on Plasma Electrolyte Concentrations. *J. Fish Biol.*, 20: 491-500.
- STOUTHART, A. J. H. X., SPANINGS, F. A. T., LOCK, R. A. C. and WENDELAAR BONGA, S. E., 1995. Effects of Water pH Toxicity to Early Life Stages of Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Aquatic Toxicology*, 32: 31-42.
- STRIPP, R.A., HEIT, M., BOGEN, D.C., BIDANSET, J. and TROMBETTA, L., 1990. Trace Element Accumulation in the Tissues of Fish from Lakes With Different pH Values. *Water, Air and Soil Pollution*, 51: 75-87.
- SURESH, A., SIVARAMAKRISHNA, B. and RADHAKRISHNAIAH, K., 1995. Cadmium Induced Changes in Ion Levels and ATPase Activities in the Muscle of the Fry and Fingerlings of the Freshwater Fish, *Cyprinus carpio*. *Chemosphere*, Vol.30 (2): 365-375
- TAO, S., LIU, C., DAWSON, R., CAO, J. and LI, B., 1999. Uptake of Particulate Lead via the Gills of Fish (*Carassius auratus*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 37: 352-357.
- TAO, S., LI, H., LIU, C. and LAM, K. C., 2000. Fish Uptake of Inorganic and Mucus Complexes of Lead. *Ecotoxicol. and Environ. Safety*, 46: 174-180.
- TEKELIOGLU, N., 1991. İç Su Balıkları Yetistiriciligi (Soguk ve Sıcak İklim Balıkları), Ç.Ü. Su Ürünleri Yüksekokulu, Ders Kitabı, No: 2, Adana.

- THAKER, J., CHHAYA, J., NUZHAT, S., MITTAL, R., MANSURI, A. P. and KUNDU, R., 1996. Effects of Chromium (VI) on Some Ion-Dependent ATPases in Gills, Kidney and Intestine of a Coastal Teleost *Periophthalmus dipes*. *Toxicology*, 112: 237-244.
- THOMAS, D. G., BROWN, M. W., SHURBEN, D., SOLBE, J. F. G., CRYER, A. and KAY, J., 1985. A Comparison of the Sequestration of Cadmium and Zinc in the Tissues of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Following Exposure to the Metals Singly or in Combination. *Comp. Biochem. Physiol. Part. C. Pharmacol. and Toxicol.*, 82 (1): 55-62.
- TULASI, S. J. REDDY, P. U. and RAO, J. V. R., 1992. Accumulation of Lead and Effects on Total Lipids and Lipid Derivatives in the Freshwater Fish *Anabas testudines*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 23: 33-38.
- VERBOST, P. M., FLIK, G., LOCK, R. A. C. and WENDELAAR BONGA, S. E., 1987. Cadmium Inhibition of Ca^{2+} Uptake in Rainbow Trout Gills. *Am. J. Physiol.*, 253: 216-221.
- VERBOST, P. M., FLIK, G., LOCK, R. A. C. and WENDELAAR BONGA, S. E., 1989. The Movement of Cadmium Through Freshwater Trout Branchial Epithelium and Its Interference with Calcium Transport. *J. Exp. Biol.*, 145: 185-197.
- VIARENGO, A., 1985. Biochemical Effects of Trace Metals. *Marine Pollution Bull.*, Vol. 16 (4): 153-158.
- VIARENGO, A., 1989. Heavy Metals in Marine Invertebrates. Mechanism of Regulation and Toxicity at the Cellular Level. *Aquatic Sciences*, 1 (2): 295-317.
- VIARENGO, A., 1994. Heavy Metal Cytotoxicity in Marine Organism: Effects on Ca^{2+} Homeostasis and Possible Alteration of Signal Transduction Pathways. In: Gilles, R. (Ed.), *Comp. and Environ. Physiol.* Springer, Berlin, 85-110.
- VIARENGO, A., MANCINELLI, G., ORUNESU, M., MARTINO, G., FARANDA, F. and MAZZUCOTELLI, A., 1988. Effects of Sublethal Copper Concentrations, Temperature, Salinity and Oxygen Levels on Calcium Content and on Cellular Distribution of Copper in the Gills of *Mytilus galloprovincialis*

- Lam: A Multifactorial Experiment. *Marine Environmental Research*, 24: 227-231.
- WANG, T., KNUDSEN, P. K., BRAUNER, C. J, BUSK, M., VIJAYAN, M. M. and JENSEN, F. B., 1998. Copper Exposure Impairs Intra-and Extracellular Acid-Base Regulation During Hypercapnia in the Fresh Water Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Comp. Physiol., B*, 168: 591-599.
- WILSON, R. W. and WOOD, C. M., 1992. Swimming Performance, Whole Body Ions and Gill Al Accumulation during Acclimation to Sublethal Aluminium in Juvenil Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiol. Biochem.*, 10: 149-159.
- WOOD, C. M., 1988. Acid-Base and Ionic Exchanges at Gills and Kidney after Exhaustive Exercises in the Rainbow Trout. *J. Exp. Biol.*, 136: 461-481.
- WOOD, C. M., McDONALD, D. G., INGERSOLL, C. G., MOUNT, D. R., JOHANSSON, O. E., LANDSBERGER, S. and BERGMAN, H. L., 1990. Effect of Water Acidity, Calcium and Aluminum on Whole Body Ions of Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) Continuously Exposed from Fertilization to Swim-Up: A Study by Instrumental Neutron Activation Analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 1593-1603.
- WOOD, C. M., 1992. Flux Measurements as Indices of H⁺ and Metal Effects on Freshwater Fish. *Aquatic Toxicology*, 22: 239-264.
- WOOD, C. M., HOGSTRAND, C., GALVES, F. and MUNGER, R. S., 1996. The Physiology of Waterborne Silver Toxicity in Freshwater Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) 2. The Effects of Silver Thiosulfate. *Aquatic Toxicology*, 35: 111-125.

ÖZGEÇMİŞ

Adananın Kozan ilçesinde 1971 yılında doğdum. İlk, orta ve liseyi aynı ilçede tamamladıktan sonra 1997 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünü bitirdim. 1999 yılında aynı bölümde Araştırma Görevlisi oldum. 2002 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisansı bitirdim. Aynı yılda doktora eğitime başladım. Halen aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktayım. Evliyim ve iki çocuk sahibiyim.