

**NKUBAP.23.GA.16.012 nolu proje
TRAKYA BÖLGESİNDE ÇELTİK BİTKİSİ VE TOPRAKTA
AĞIR METAL İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ**

Yürütücü:Yrd.Doç.Dr.A.Handan DÖKMECİ

2016

NKUBAP.23.GA.16.012 no'lu "TRAKYA BÖLGESİNDE ÇELTİK BİTKİSİ VE TOPRAKTA AĞIR METAL İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ" adlı proje Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi tarafından desteklenmiştir.

T.C.
Namık Kemal Üniversitesi
Bilimsel Araştırma Projesi

TRAKYA BÖLGESİNDE ÇELTİK BİTKİSİ VE TOPRAKTA
AĞIR METAL İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ
(NKUBAP.23.GA.16.012)

Proje Yürütücüsü:
Yrd.Doç.Dr. A. Handan DÖKMECİ

TEKİRDAĞ-2016

Her Hakkı Saklıdır.

Önsöz

Hızla artan çevre kirliliği nedeniyle kirlenen çevresel kompartımanlar (hava, su, toprak ve bitkiler) insan sağlığı açısından olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Ksenobiyotiklerin bilinçsizce çevreye salınması çevre kirliliğinin en önemli sebeplerindendir. Yapılan kirlilik çalışmaları bölgesel durumun bir göstergesi olurken yapılacak iyileştirme çalışmalarına da yol gösterici olacaktır.

Çalışmamızda Ergene-Meriç Havzasında yetişen çeltik toprakları ve kahve rengi pirinçte ağır metal analizleri yapılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma araştırma projesi olarak NKUBAP.23.GA.16.012 numara ile Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi tarafından desteklenmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Ayşe Handan DÖKMECİ

ÖZET

TRAKYA BÖLGESİNDE ÇELTİK BİTKİSİ VE TOPRAKTA AĞIR METAL İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

Çalışmamız da 60 kahverengi pirinç ve ilgili 20 çeltik toprağında esansiyel olmayan toksik ağır metaller (Cd, Cr, Ni and Pb) ve mikronütrientler (Cu, Zn, Mn,) araştırıldı. Meriç-Ergene nehri havzasından toplanan kahverengi pirinç ve toprak örneklerinin toplam ağır metal içerikleri ICP OES kullanılarak belirlendi. Çeltik toprağında tespit edilen Cd, Cr ve Ni konsantrasyonları maksimum izin verilebilir limitlerin üzerinde tespit edildi. Kahverengi pirinç örneklerinde ise ölçülen tüm ağır metallerin konsantrasyonları WHO tarafından belirlenen maksimum izin verilen limitlerin altında tespit edildi. Ağır metallerin Bioakümülyasyon Faktörü hesaplandığında $Zn > Cu > Mn > Ni > Cr = Cd = Pb$ şeklinde sıralandı. Bu sonuç mikronütrientlerin esansiyel olmayan toksik ağır metallerin daha fazla bioakümüle olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak kahve rengi pirinç örneklerin de tespit edilen ağır metal konsantrasyonları insan sağlığı açısından önemli bir risk teşkil etmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Risk değerlendirmesi, Ağır metaller, Pirinç, Çeltik toprağı kirliliği, Bioakümülyasyon Faktorü (BAF)

ABSTRACT

In this study, concentrations of nonessential toxic heavy metals (Cd, Cr, Ni and Pb) and the micronutrients (Cu, Zn, Mn,) in sixty brown rice (*O.sativa*) and twenty relevant paddy soil samples were investigated. Soil and brown rice samples from Evros-Ergene river basin were extracted for their total heavy metals content by dry digestion method and then determined using ICP OES. Results of this study revealed that the concentrations of Cd, Cr and Ni in the soils of studied sites were above than the maximum allowable levels. The average concentration of all metals in brown rice samples was below than the maximum allowable levels of WHO guideline. The ranking order of bioaccumulation factor (BAF) for heavy metals was $Zn > Cu > Mn > Ni > Cr = Cd = Pb$ indicating that the accumulation of micronutrients was more than that of nonessential toxic heavy metals. Consequently, these rice samples cannot be an important source of all metals causing risk to human health.

Keywords: Risk assessment, Heavy metals, Rice, Paddy soil pollution, Bioaccumulation Factor (BAF)

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----|
| ÖNSÖZ..... | i |
| ÖZET | ii |
| ABSTRACT | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| ŞEKİL DİZİNİ..... | v |
| TABLolar DİZİNİ | vi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. MATERYAL VE METOD..... | 3 |
| 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA..... | 7 |
| 3.1. Kahverengi pirinçteki Ağır Metal Konsantrasyonları..... | 7 |
| 3.2. Topraktaki Ağır Metal Konsantrasyonları..... | 10 |
| 3.3. Biyoakümülyasyon Faktörü (BAF)..... | 11 |
| 3.4. İstatistik Analiz Sonuçları..... | 12 |
| 4. SONUÇ | 23 |
| 6. KAYNAKLAR | 23 |

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. Şekil 1. Su Kalitesi Projesi Meriç-Ergene Havzası Risk Haritası.....2

Şekil 2. Meriç- Ergene Nehri Havzasında alınan çeltik bitkisi ve toprak numune noktaları.....3

TABLO DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Tablo 1. Örnek istasyonlarının lokasyonları | 3 |
| Tablo 2. Örnekleme sitelerine karşılık gelen kahverengi pirinç tanelerinde (R) ağır metal konsantrasyonları (mgkg-1, kuru ağırlık)..... | 8 |
| Tablo 3. Örnekleme sitelerine karşılık gelen çeltik toprağındaki ağır metal konsantrasyonları (mgkg-1, kuru ağırlık)..... | 11 |
| Tablo 4. Çeltik Grupları bakımından tanımlayıcı (descriptives) istatistikler ve karşılaştırma sonuçları..... | 12 |
| Tablo 5. Çeltik Grubu = İpsala..... | 14 |
| Tablo 6. Çeltik Grubu = Meriç..... | 14 |
| Tablo 7. Çeltik Grubu = Uzunköprü..... | 15 |
| Tablo 8. Toprak Grupları bakımından tanımlayıcı (descriptives) istatistikler ve karşılaştırma sonuçları..... | 17 |
| Tablo 9. Toprak Grubu = İpsala..... | 20 |
| Tablo 10. Toprak Grubu = Meriç..... | 21 |
| Tablo 11. Toprak Grubu = Uzunköprü..... | 22 |

1.GİRİŞ

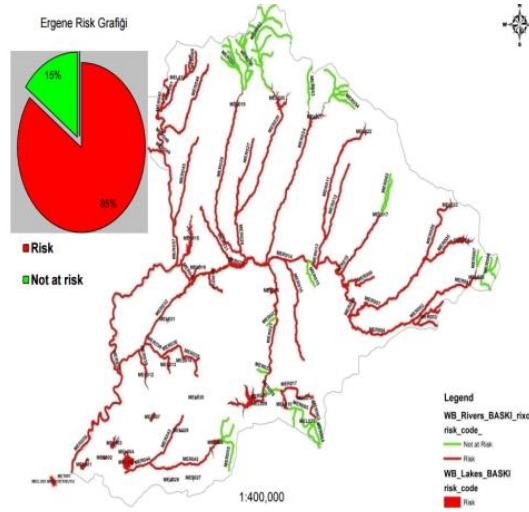
Sulak alanda yapılan çeltik tarımında, ağır metal yönünden yüksek konsantrasyonda olan sulama suları, uzun süre toprak yüzeyinde kaldığında birikim yapar ve çeltik bitkisi de bu metalleri bünyesine alarak biriktirir. Bunun sonucunda, uzun dönemde besin zinciri yolu ile insanlarda yapabileceği toksik etki büyük sağlık problemlerine neden olabilmektedir.

Trakya Bölgesi, sahip olduğu toprak ve su kaynakları ile Türkiye'nin önemli tarım bölgelerinden birisidir. Ergene Havzası Doğu Trakya'da yer alıp Kuzey Marmara Havzası, Evros (Meriç) Havzası ve Bulgaristan ile çevrilidir. Havzada Tekirdağ, Kırklareli ve Edirne illeri yer almaktadır. Ergene havzası içinde 2 büyük nehir olan Ergene nehri ve uluslararası su niteliğinde olan Meriç Nehri bulunmaktadır . Meriç Nehri ve kollarıyla sulanan ve sık sık su baskınına uğrayan ova 1960'larda Meriç Irmağı boyunca yapılan setlerle ilin en büyük ve verimli tarım alanlarından biri durumuna getirilmiştir. Ege Denizine döküldüğü yerde bulunan "Meriç Deltası Sulak Alanı", Türkiye ve Yunanistan toprakları içinde yer alan ve "Uluslararası Önemi Olan" "A Sınıfı" bir sulak alandır. Bölgede sulak alanların bulunması, ki bu sulak alanlarda çeltik yetiştirme olanakları, alana daha güvenli ve projeli su sağlanması konusunda baskı oluşturmaktadır.

Trakya bölgesinde artan sanayileşme ve tarımsal faaliyetler su kaynaklarını tehdit etmektedir. Ergene Havzası'nda 2037 adet sanayi tesisi bulunmaktadır ve bu tesislerden Ergene Nehri ve yan kollarına deşarj edilen atıksuyun debisi 460.000 m³/gün'dür. Bu durum ise, suyun birçok özelliğini etkilemektedir. Sanayi kuruluşlarının sıvı atıkları su kirliliğine ve dolaylı olarak toprak ve bitki örtüsü üzerinde aşırı kirlenmelere neden olmaktadır. Ergene havzasında evsel ve endüstriyel arıtma tesislerinin tamamlanmamış olması ve kaçak deşarjlar nedeniyle atıksuların bir kısmı yüzey sularına ve denize deşarj edilerek ekosisteme taşınmaktadır. Önceki yıllarda yapılan çalışmalar gösteriyor ki, Ergene nehri, birçok parametre açısından Kıta içi Su Kaynakları Kontrol Yönetmeliği'ne göre 4.sınıf su'dur (<http://www.csb.gov.tr/db/turkce/mevzuat/mevzuat618.pdf>).

(<http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/MustafaMasatli.pdf>). Bu suyun dolaylı

olarak da olsa çeltikte sulama suyu olarak kullanılması, tarım alanlarının tuzlanmasına, ağır metal olarak kirlenmesine ve çoraklaşmasına neden olmaktadır.



Şekil 1. Su Kalitesi Projesi Meriç-Ergene Havzası Risk Haritası (<http://bhi.nku.edu.tr/minisiteler/userfiles/ergenehavzasieylem.pdf>)

Çeltik Türkiye'nin bütün bölgelerinde yetiştirilmektedir, fakat en fazla ekiliş ve üretime sırasıyla, Marmara ve Karadeniz Bölgeleri sahiptir. Edirne İli, ülkemiz çeltik üretiminin yaklaşık yarısına yakın bir kısmı sağlamaktadır. Kisi başına pirinç tüketimimiz 6-7 kg olup, pirinç üretimimiz iç tüketime yetmemekte ve Türkiye gittikçe artan oranlarda pirinç ithal etmektedir. Çeltik özellikle Meriç, Ergene ve Tunca Havzasında sulanan alanlarda üretilmektedir. En çok ekiliş İpsala ilçesinde yapılmakta olup, bunu sırası ile Meriç, Uzunköprü ilçeleri takip etmektedir.

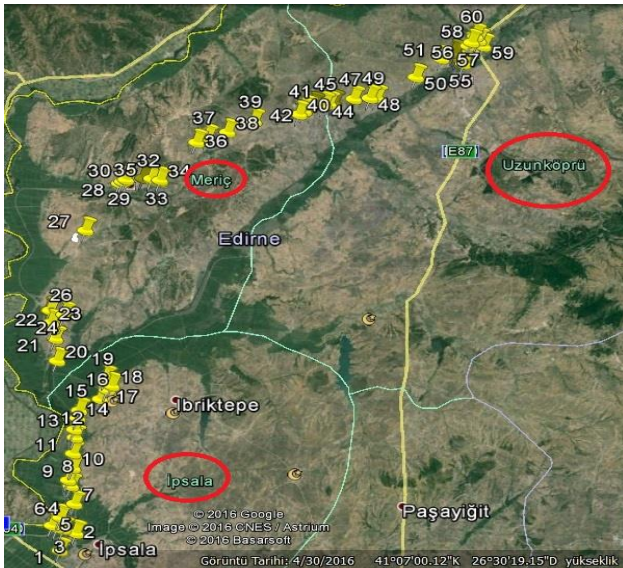
Sanayi ve evsel atıklar nedeni ile pirinç sulamasında kullanılan sulama kaynaklarında su kirliliği korkutucu boyuttadır (Edirne İli Çeltik Sektörü Raporu, Trakya Kalkınma Ajansı, 2012). Sulak alanda yapılan çeltik tarımında, ağır metal yönünden yüksek konsantrasyonda olan sulama suyularının, uzun süre toprak üzerinde kalarak birikim yapabileceği ve bu metallerin de çeltikte birikebileceğini düşünürsek, insanlarda yapabileceği toksik etkinin büyük sağlık problemlerine neden olması kaçınılmazdır.

Bu projenin ana amacı, 7 ağır metalin (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn ve Zn) Meriç-Ergene Nehri Havzasın yetişen kahve rengi pirinç ve pirincin yetiştiği topraktaki kirlilik seviyelerini belirlemek ve ulusal/uluslararası standartlara göre potansiyel sağlık risklerini belirlemektir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma Meriç-Ergene Nehri Havzasında gerçekleştirilmiştir. Toprak ve piriç numuneleri Ergene Nehri yakınında bulunan piriç tarlalarından 40° 54' to 41° 17' kuzey enlem ve 26° 21' to 26° 41' doğu boylamının bulunduğu alandan toplanmıştır.

Tüm örneklerin alındığı noktalar Global Position System (GPS) kullanılarak kaydedildi. Örnekleme noktaları çalışma alanı haritasında belirtilmiştir (Fig. 1). Kolaylık açısından istasyonlar, 3 ana alan şeklinde Ipsala (IP), Meriç (MR) and Uzunköprü (UK) guruplandırılmıştır. Tam olarak her örneğin koordinatı Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Meriç- Ergene Nehri Havzasında alınan çeltik bitkisi ve toprak numune noktaları.

Tablo 1. Örnek istasyonlarının lokasyonları

| Station No. | Station Name | Location |
|--------------------|---------------------|--|
| 1 | IP1 | Ahır Köyü/İpsala/Edirne |
| 2 | IP2 | Ahır Köyü/İpsala/Edirne |
| 3 | IP3 | Ahır Köyü/İpsala/Edirne |
| 4 | IP4 | Ahır Köyü/İpsala/Edirne |
| 5 | IP5 | Ahır Köyü/İpsala/Edirne |
| 6 | IP6 | Ahır Köyü/İpsala/Edirne |
| 7 | IP7 | Sarıcaali/İpsala/Edirne |
| 8 | IP8 | Sarıcaali/İpsala/Edirne |
| 9 | IP9 | Sarıcaali/İpsala/Edirne |
| 10 | IP10 | Sarıcaali/İpsala/Edirne |
| 11 | IP11 | Sarıcaali/İpsala/Edirne |
| 12 | IP12 | Sarıcaali/İpsala/Edirne |
| 13 | IP13 | Sarıcaali/İpsala/Edirne |
| 14 | IP14 | Sarıcaali/İpsala/Edirne |
| 15 | IP15 | Sarıcaali/İpsala/Edirne |
| 16 | IP16 | Balabancık/İpsala/Edirne |
| 17 | IP17 | Balabancık/İpsala/Edirne |
| 18 | IP18 | Balabancık/İpsala/Edirne |
| 19 | IP19 | Balabancık/İpsala/Edirne |
| 20 | IP20 | Adasarhanlı Köyü/Meriç/Edirne |
| 21 | MR1 | Adasarhanlı Köyü/Meriç/Edirne |
| 22 | MR2 | Adasarhanlı Köyü/Meriç/Edirne |
| 23 | MR3 | Adasarhanlı Köyü/Meriç/Edirne |
| 24 | MR4 | Adasarhanlı Köyü/Meriç/Edirne |
| 25 | MR5 | Adasarhanlı Köyü/Meriç/Edirne |
| 26 | MR6 | Adasarhanlı Köyü/Meriç/Edirne |
| 27 | MR7 | Subaşı/Meriç/Edirne |
| 28 | MR8 | İpsala-meriç yolu Meriç giriş (adasarhanlıya kadar olan bölge) |
| 29 | MR9 | İpsala-meriç yolu Meriç giriş (adasarhanlıya kadar olan bölge) |
| 30 | MR10 | İpsala-meriç yolu Meriç giriş (adasarhanlıya kadar olan bölge) |
| 31 | MR11 | Doğanca deresi-amaska mevkii / Meriç |
| 32 | MR12 | Doğanca deresi-amaska mevkii / |

| | | |
|----|-------|---|
| | | Meriç |
| 33 | MR13 | Yenicegörece/Meriç/Edirne |
| 34 | MR14 | Doğanca deresi-amaska mevkii / Meriç |
| 35 | MR15 | Doğanca deresi-amaska mevkii / Meriç |
| 36 | MR16 | Olacak/Meriç/Edirne |
| 37 | MR17 | Olacak/Meriç/Edirne |
| 38 | MR18 | Olacak/Meriç/Edirne |
| 39 | MR19 | Olacak/Meriç/Edirne |
| 40 | UK1 | Yakupbey/ Meriç/Edirne |
| 41 | UK2 | Yakupbey/ Meriç/Edirne |
| 41 | UK3 | Yakupbey/ Meriç/Edirne |
| 43 | UK4 | Yakupbey/ Meriç/Edirne |
| 44 | UK5 | Yakupbey/ Meriç/Edirne |
| 45 | UK6 | Yakupbey/ Meriç/Edirne |
| 46 | UK7 | Yakupbey/ Meriç/Edirne |
| 47 | UK8 | Karayayla/Uzunköprü/Edirne |
| 48 | UK9 | Çiftlik köy mevkii /Uzunköprü/Edirne |
| 49 | UK10 | Çiftlik köy mevkii /Uzunköprü/Edirne |
| 50 | UK11 | Çiftlik köy mevkii /Uzunköprü/Edirne |
| 51 | UK12 | Çiftlik köy mevkii /Uzunköprü/Edirne |
| 52 | UK13 | Edirne Çanakkale yolu/Uzunköprü/Edirne |
| 53 | UK14 | Uzunköprü yolu , Ergene nehri etrafı / Uzunköprü |
| 54 | UK15 | Uzunköprü yolu , Ergene nehri etrafı / Uzunköprü |
| 55 | UK16 | Uzunköprü yolu , Ergene nehri etrafı / Uzunköprü |
| 56 | UK17 | Uzunköprü Tekirdağ istikameti / uzunköprü |
| 57 | UK18 | Uzunköprü Tekirdağ istikameti / uzunköprü |
| 58 | UK19 | Uzunköprü Tekirdağ istikameti / uzunköprü |
| 59 | UK-20 | Uzunköprü Tekirdağ istikameti / uzunköprü |
| 60 | UK21 | Uzunköprü Tekirdağ istikameti / uzunköprü |

Toplam 60 pirinç örneği ve 20 çeltik bitkisinin yetiştiği toprak örneği 2015 hasat zamanı çalışma alanından direkt toplandı. 20 yüzey toprağı çeltik bitkisinin kök kısmından 0- 30 cm derinlikten Ponar Grab örnekleyici kullanılarak toplandı. Pirinç örnekleri yetiştiği toprak numunesi noktalarından ve yerel yetiştirilerden temin edildi. Her bireysel pirinç örneği aynı çeltik bitkisinden en az 5 alt kısma ayrılıp oluşturularak alındı. Her toprak örneği bir çeltik alanından en az 5 komşu alt örnekler alınıp karıştırıldıktan sonra oluşturuldu. Her bir örnek için en az 2 kg toprak ve 1 kg

pirinç tanesi toplandı. Tüm örnekler ayrılarak plastic torbalarda laboratuvara taşındı ve analizden önce 4°C'de soğutucuda muhafaza edildi.

Pirinç örnekleri laboratuvarda birkaç gün doğal bir şekilde kurumaya bırakılmışlardır. Örneklerin kavuzları ayıklandıktan sonra, kabuksuz pirinç taneleri 70°C'de 72 saat etüvde kurutuldu. Örnekler tartıldıktan sonra ufalanarak (ezilerek) petri kabında analize kadar muhafaza edilmiştir. Toprak örnekleri içindeki taş, bitki parçaları gibi yabancı cisimlerden elle ayıklanarak, homojenize edildikten sonra oda sıcaklığında birkaç gün kurutulmuştur. Kurutulan toprak örnekleri ufalanarak 0.1 mm eleklerden elenerek petri kaplarında analize kadar muhafaza edilmiştir.

İyi homojenize edilmiş 0.5 g ağırlığındaki toprak ve pirinç örnekleri üzerine 8 ml %65 HNO₃ ve 2 ml 30% H₂O₂ ilave edildikten sonra 200 °C'de 30 dk CEM marka Model Mars 907511 mikrodalgada (CEM Cooperation, Mathews, North Carolina, USA) digest edildi. (Thomson and Wash 2003). Bitki ve toprak örnekleri soguduktan sonra deiyonize su ile 100 ml'ye dilue edilerek 45 µm Whatman filtre kağıdından filtre edildi. Örnekler ağır metal analize kadar polietilen şişelerde ve buzdolabında 4°C'de muhafaza edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları için tüm analizler ICP-OES Spectrometer Agilent 700 series ile belirlendi. Ağır metal konsantrasyonları cihazı kalibre etmek için kullanılan internal standart ile belirlenmiştir. Tüm analizler 2 tekrarlı ölçülmüştür. Analiz sonucunda elde edilen veriler excel kullanılarak ANOVA ve korelasyon testine tabi tutulacaktır.

Referans elementlerinin geri kazanımları gerçek değerlerin %15'dir. Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn ve Pb Tespit Limitleri (LODs) sırasıyla 0.07, 0.65, 0.66, 0.09, 0.91, 0.50 ve 0.75 mgkg⁻¹ olarak bulundu. Enstrümantal parametreler Tablo 2'de listelenmektedir. Ağır metallerin konsantrasyonu kuru ağırlık bazında mgkg⁻¹ ifade edilmiştir. Bu çalışmada, pirinç örneklerinde Cd, Cr ve Pb konsantrasyonları Tespit Limitlerinin altındadır. Bu nedenle, pirinçte Cd, Cr ve Pb konsantrasyonu tespit edilmemiştir.

Biyoakümülyasyon Faktör (BAF)

BAF, ağır metallerin topraktan pirince geçişi (H. Liu ve ark.2005), her pirinç örneği için hesaplanmıştır. Bunun için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

BAF=Cr/Cs

Cr=pirinç tanesindeki ağır metal konsantrasyonu

Cs=topraktaki ağır metal konsantrasyonu

İstatistiksel Analizler

Çalışmamızdaki sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; Ortalama, Standart Sapma, Ortalamanın %95 Güven Aralığı, Minimum ve Maksimum değerler olarak ifade edilecektir. Sürekli değişkenlerin bakımından grup ortalamalarını karşılaştırmada Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yapılacaktır. Varyans analizini takiben farklı grupları belirlemede Duncan testi kullanılacaktır. Bu değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemede gruplarda ayrı ayrı olmak üzere Pearson korelasyon katsayıları hesaplanacaktır. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi %5 olarak alınarak ve hesaplamalar için SPSS (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp) istatistik paket programı kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Kahverengi pirinçteki Ağır Metal Konsantrasyonları

Kahverengi pirinç tanelerinde tüm metaller içinde Mn ve Zn konsantrasyonları Cu ve Ni konsantrasyonundan daha yüksek tespit edilmiştir. 60 numune noktasında Mn ve Zn konsantrasyonları minimum ve maksimum olarak sırasıyla 7.89 mg kg⁻¹ ve 30.06 mg kg⁻¹, 7.47 mg kg⁻¹ ve 27.71 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiş ve bu değerler insan sağlığı açısından FAO/WHO (2002)'ya göre izin verilebilir maksimum değerleri aşmamıştır (Tablo 2). Cu and Ni konsantrasyonlarının aralığı sırasıyla 1.09 mg kg⁻¹ ve 5.18 mg kg⁻¹, 1.25 mg kg⁻¹ ve 3.86 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiş, ve bu değerler de Commission Regulation Directive EC ve FAO/WHO'nun insan sağlığı açısından belirlediği sınır değerleri aşmamıştır (Tablo 2). Cd, Pb ve Cr konsantrasyonları ise LODs değerlerinin altında kaldığından hiçbir istasyonda tespit edilmemiştir.

Tablo 2 Örnekleme sitelerine karşılık gelen kahverengi pirinç tanelerinde (R) ağır metal konsantrasyonları (mgkg^{-1} , kuru ağırlık)

| Kahverengi pirinç örnekleri | Cu | Zn | Cd | Cr | Pb | Mn | Ni |
|-----------------------------|----------|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|
| R-IP1 | 2.5±0.62 | 22±0.51 | BDL | BDL | BDL | 20.4±0.21 | BDL |
| R-IP2 | 2.5±0.52 | 25.4±0.24 | BDL | BDL | BDL | 30.6±0.32 | BDL |
| R-IP3 | 1.9±0.45 | 14.7±0.5 | BDL | BDL | BDL | 10.5±0.24 | BDL |
| R-IP4 | 2.3±0.63 | 20.2±0.24 | BDL | BDL | BDL | 19.1±0.62 | BDL |
| R-IP5 | 3.0±0.55 | 18.8±0.53 | BDL | BDL | BDL | 16.0±0.4 | BDL |
| R-IP6 | 2.4±0.45 | 22.7±0.41 | BDL | BDL | BDL | 17.8±0.61 | BDL |
| R-IP7 | 2.6±0.21 | 25.3±0.2 | BDL | BDL | BDL | 19.1±0.32 | BDL |
| R-IP8 | 3.3±0.5 | 20.0±0.33 | BDL | BDL | BDL | 15.9±0.3 | BDL |
| R-IP9 | 3.1±0.33 | 29.7±0.45 | BDL | BDL | BDL | 14.9±0.64 | BDL |
| R-IP10 | 3.2±0.6 | 17.0±0.62 | BDL | BDL | BDL | 21.8±0.21 | BDL |
| R-IP11 | 1.0±0.32 | 7.4±0.42 | BDL | BDL | BDL | 7.8±0.43 | BDL |
| R-IP12 | 3.4±0.3 | 25.0±0.23 | BDL | BDL | BDL | 25.3±0.26 | BDL |
| R-IP13 | 3.6±0.41 | 24.4±0.52 | BDL | BDL | BDL | 23.5±0.42 | BDL |
| R-IP14 | 3.6±0.62 | 21.3±0.42 | BDL | BDL | BDL | 24.7±0.31 | BDL |
| R-IP15 | 2.9±0.2 | 19.5±0.12 | BDL | BDL | BDL | 18.4±0.12 | BDL |
| R-IP16 | 2.6±0.61 | 20.4±0.5 | BDL | BDL | BDL | 19.1±0.45 | BDL |
| R-IP17 | 2.1±0.22 | 18.7±0.62 | BDL | BDL | BDL | 13.1±0.17 | BDL |
| R-IP18 | 2.5±0.32 | 24.4±0.12 | BDL | BDL | BDL | 18.8±0.53 | BDL |
| R-IP19 | BDL | 9.6±0.45 | BDL | BDL | BDL | 9.4±0.42 | BDL |
| R-IP20 | 2.2±0.52 | 23.5±0.24 | BDL | BDL | BDL | 15.3±0.6 | BDL |
| R-MR1 | 4.5±0.64 | 22.8±0.32 | BDL | BDL | BDL | 27.7±0.25 | BDL |
| R-MR2 | 3.1±0.25 | 17.1±0.48 | BDL | BDL | BDL | 19.7±0.34 | BDL |

| | | | | | | | |
|---------------|-----------|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----------|
| R-MR3 | 2.9±0.69 | 16.9±0.64 | BDL | BDL | BDL | 22.3±0.63 | BDL |
| R-MR4 | 3.0±0.41 | 17.7±0.42 | BDL | BDL | BDL | 20.5±0.52 | BDL |
| R-MR5 | 3.3±0.25 | 19.4±0.62 | BDL | BDL | BDL | 20.4±0.24 | 3.8±0.03 |
| R-MR6 | 4.1±0.43 | 23.0±0.74 | BDL | BDL | BDL | 15.1±0.33 | 3.6±0.03 |
| R-MR7 | 5.18±0.43 | 28.4±0.52 | BDL | BDL | BDL | 25.1±0.31 | 3.57±0.14 |
| R-MR8 | 3.86±0.21 | 24.8±0.34 | BDL | BDL | BDL | 28.0±0.24 | 1.7±0.04 |
| R-MR9 | 2.6±0.6 | 23.6±0.26 | BDL | BDL | BDL | 24.9±0.24 | 1.3±0.08 |
| R-MR10 | 3.8±0.26 | 20.2±0.34 | BDL | BDL | BDL | 21.6±0.53 | 1.5±0.1 |
| R-MR11 | 1.9±0.3 | 17.3±0.43 | BDL | BDL | BDL | 17.5±0.41 | BDL |
| R-MR12 | 1.9±0.21 | 18.6±0.67 | BDL | BDL | BDL | 19.7±0.53 | BDL |
| R-MR13 | 3.3±0.32 | 17.6±0.74 | BDL | BDL | BDL | 18.2±0.42 | BDL |
| R-MR14 | 2.2±0.42 | 13.4±0.75 | BDL | BDL | BDL | 18.1±0.1 | BDL |
| R-MR15 | 1.8±0.54 | 14.3±0.26 | BDL | BDL | BDL | 22.1±0.34 | BDL |
| R-MR16 | 2.5±0.5 | 13.1±0.51 | BDL | BDL | BDL | 19.9±0.51 | BDL |
| R-MR17 | BDL | 8.6±0.34 | BDL | BDL | BDL | 13.6±0.34 | BDL |
| R-MR18 | 1.7±0.45 | 12.5±0.23 | BDL | BDL | BDL | 21.9±0.42 | 1.0±0.01 |
| R-MR19 | 1.9±0.58 | 10.6±0.51 | BDL | BDL | BDL | 17.9±0.34 | BDL |
| R-UK1 | 2.2±0.51 | 13.1±0.34 | BDL | BDL | BDL | 21.0±0.51 | BDL |
| R-UK2 | 3.3±0.43 | 19.2±0.5 | BDL | BDL | BDL | 27.2±0.3 | 1.2±0.04 |
| R-UK3 | 1.8±0.21 | 15.8±0.43 | BDL | BDL | BDL | 19.9±0.42 | BDL |
| R-UK4 | 3.9±0.52 | 19.9±0.24 | BDL | BDL | BDL | 27.6±0.6 | 1.3± |
| R-UK5 | 3.4±0.42 | 17.9±0.36 | BDL | BDL | BDL | 24.9±0.45 | BDL |
| R-UK6 | 1.8±0.19 | 15.6±0.29 | BDL | BDL | BDL | 19.9±0.5 | BDL |
| R-UK7 | 1.8±0.24 | 15.7±0.6 | BDL | BDL | BDL | 14.9±0.63 | BDL |
| R-UK8 | 3.6±0.9 | 17.4±0.42 | BDL | BDL | BDL | 16.1±0.24 | BDL |
| R-UK9 | 3.5±0.33 | 15.4±0.32 | BDL | BDL | BDL | 13.5±0.52 | BDL |
| R-UK10 | 4.0±0.52 | 21.0±0.33 | BDL | BDL | BDL | 16.7±0.36 | BDL |

| | | | | | | | |
|----------------------|----------|-----------|-----|-----|-----|-----------|-----|
| R-UK11 | 3.3±0.42 | 19.6±0.24 | BDL | BDL | BDL | 16.7±0.42 | BDL |
| R-UK12 | 2.8±0.32 | 21.2±0.3 | BDL | BDL | BDL | 20.7±0.33 | BDL |
| R-UK13 | 2.4±0.52 | 19.4±0.52 | BDL | BDL | BDL | 16.0±0.45 | BDL |
| R-UK14 | 2.1±0.75 | 18.6±0.42 | BDL | BDL | BDL | 15.6±0.21 | BDL |
| R-UK15 | 2.5±0.62 | 16.2±0.34 | BDL | BDL | BDL | 16.0±0.42 | BDL |
| R-UK16 | 2.9±0.78 | 15.8±0.53 | BDL | BDL | BDL | 16.0±0.34 | BDL |
| R-UK17 | 3.8±0.25 | 19.5±0.21 | BDL | BDL | BDL | 23.6±0.43 | BDL |
| R-UK18 | 4.4±0.47 | 20.3±0.32 | BDL | BDL | BDL | 22.5±0.6 | BDL |
| R-UK19 | 2.7±0.36 | 15.9±0.42 | BDL | BDL | BDL | 18.8±0.74 | BDL |
| R-UK-20 | 4.1±0.26 | 21.0±0.22 | BDL | BDL | BDL | 22.4±0.6 | BDL |
| R-UK21 | 3.7±0.46 | 17.6±0.34 | BDL | BDL | BDL | 21.2±0.45 | BDL |
| TFC ¹ | - | - | 0.2 | - | 0.2 | - | - |
| FAO/WHO ² | 20 | 50 | 0.2 | - | 0.2 | - | - |
| WHO ³ | - | - | - | - | - | - | 10 |

BDL: Tespit Limitlerinin altında

3.2. Topraktaki Ağır Metal Konsantrasyonları

Çeltik toprağında ki esansiyel ağır metallere Mn konsantrasyon aralığı 27.69 ile 882.14 mg kg⁻¹ arasında, Zn konsantrasyon aralığı 29.1 ile 169.15 mg kg⁻¹ arasında, Cu konsantrasyon aralığı 7.25 ile 29.81 mg kg⁻¹ arasında tespit edilmiştir. Esansiyel olmayan toksik metallere konsantrasyonları ise, Pb konsantrasyon aralığı 7.25 ile 27.44 mg kg⁻¹, Cr konsantrasyon aralığı 16.15 ile 105.31 mg kg⁻¹, Ni konsantrasyon aralığı 7.03 ile 134.86 mg kg⁻¹ ve Cd konsantrasyon aralığı 0.68 ile 2.65 mg kg⁻¹ arasında tespit edilmiştir (Tablo 3). Çeltik toprağının asidik olması muhtemelen (pH 5.01) kirlenmiş nehir suyu ile sürekli sulama yapılmasından kaynaklanmaktadır. Çeltik toprağında ağır metallere konsantrasyonları Mn > Zn > Ni > Cr > Cu > Pb > Cd şeklinde sıralanmaktadır.

Tablo 3. Örnekleme sitelerine karşılık gelen çeltik toprağındaki ağır metal konsantrasyonları (mgkg⁻¹, kuru ağırlık)

| Çeltik toprağı örnekleri | Cu | Zn | Cd | Cr | Pb | Mn | Ni |
|-----------------------------------|----------------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------------|------------|
| S-IP6 | 7.2±0.66 | 45.9±0.5 | BDL | BDL | 23.5±0.75 | 27.6±0.09 | 7.03±0.91 |
| S-IP8 | 17.9±0.51 | 137.8±0.24 | 1.0±0.07 | 29.0±0.65 | 12.2±0.55 | 391.8±0.02 | 35.8±0.47 |
| S-IP14 | 18.4±0.21 | 64.9±0.12 | 1.3±0.11 | 30.6±0.2 | 27.4±0.62 | 440.5±0.03 | 30.2±0.54 |
| S-1P20 | 11.5±0.33 | 35.5±0.3 | 0.9±0.02 | 32.5±0.52 | 10.2±0.53 | 250.0±0.07 | 37.4±0.65 |
| S-MR2 | 9.7±0.31 | 29.1±0.42 | 0.7±0.09 | 31.8±0.41 | 9.1±0.24 | 252.0±0.03 | 30.6±0.85 |
| S-MR4 | 10.9±0.52 | 36.8±0.5 | 0.6±0.12 | 16.1±0.31 | 10.3±0.72 | 418.7±0.09 | 27.9±0.41 |
| S-MR6 | 11.6±0.26 | 42.8±0.1 | 1.14±0.21 | 45.9±0.33 | 8.7±0.62 | 328.7±0.08 | 32.3±0.51 |
| S-MR8 | 16.0±0.41 | 53.1±0.21 | 1.0±0.18 | 33.8±0.55 | 9.9±0.45 | 418.0±0.01 | 71.2±0.62 |
| S-MR10 | 8.3±0.47 | 34.1±0.6 | BDL | BDL | 7.7±0.2 | 89.7±0.12 | 25.5±0.84 |
| S-MR14 | 16.9±0.63 | 55.1±0.3 | 1.9±0.15 | 81.76±0.24 | 16.5±0.33 | 615.0±0.09 | 68.3±0.9 |
| S-MR18 | 20.0±0.33 | 67.1±0.54 | 2.1±0.11 | 94.4±0.49 | 18.1±0.59 | 882.1±0.01 | 83.0±0.54 |
| S-UK1 | 20.1±0.24 | 169.1±0.21 | 1.6±0.02 | 65.8±0.24 | 17.6±0.6 | 436.2±0.01 | 63.3±0.62 |
| S-UK5 | 18.5±0.21 | 29.3±0.1 | 1.1±0.03 | 34.1±0.32 | 10.1±0.41 | 589.6±0.05 | 39.3±0.85 |
| S-UK8 | 27.9±0.15 | 64.9±0.43 | 2.5±0.04 | 68.3±0.41 | 10.5±0.53 | 564.9±0.04 | 51.3±0.45 |
| S-UK11 | 29.8±0.24 | 67.7±0.25 | 2.6±0.01 | 74.7±0.24 | 11.2±0.22 | 430.1±0.12 | 56.1±0.53 |
| S-UK13 | 20.1±0.41 | 52.3±0.33 | 1.9±0.01 | 82.2±0.34 | 8.7±0.5 | 522.2±0.2 | 106.1±0.81 |
| S-UK15 | 19.5±0.54 | 52.6±0.35 | 2.1±0.06 | 95.6±0.41 | 9.3±0.22 | 642.3±0.03 | 119.6±0.23 |
| S-UK16 | 18.0±0.32 | 50.6±0.22 | 1.8±0.05 | 76.7±0.62 | 9.4±0.63 | 662.6±0.01 | 106.4±0.61 |
| S-UK17 | 28.9±0.45 | 74.4±0.34 | 2.4±0.07 | 96.4±0.14 | 10.7±0.54 | 499.5±0.01 | 117.5±0.48 |
| S-UK21 | 27.1±0.54 | 69.9±0.44 | 2.4±0.06 | 105.3±0.52 | 10.9±0.21 | 523.2±0.1 | 134.8±0.62 |
| RSCP ¹ | 50 | 150 | 1 | 100 | 50 | - | 30 |
| Pais an Jones (1997) ² | 2-100 (normal range) | - | - | - | - | 850 (toxic level) | - |

BDL: Tespit Limitlerinin Altında

¹Permissible limits of Turkish standards. Regulation on Soil Pollution Control (RSCP). Republic of Turkey. Official Journal 24609, dated December 10, 200

²Pais I and Jones JB (1997) Handbook of Trace Elements. LuciePress. Boca Raton. p.223

3.3. Biyoakümülyasyon Faktörü (BAF)

Toprakdan çeltik bitkisinin yenilebilir kısmına transfer olan ağır metallerin konsantrasyonları hesaplandı. Zn, Mn, Cu ve Ni gibi ağır metallerin BAF değerleri sırasıyla 0.07-0.6, 0.02-0.6, 0.08-0.4 ve 0.01-0.5 aralığında tespit edildi. Çalışma alanındaki ağır metallerin BAF değerindeki yönelim Zn > Cu > Mn > Ni şeklindedir. BAF<1 ya da BAF=1 olduğu zaman ağır metallerin bitkide biyoakümüle olmadığını,

BAF >1 olduğunda ise bitkilerde akümüle olduğunu göstermektedir. (H. Liu ve ark. 2005). Kahverengi pirinç tanelerinde Cu, Zn, Mn, and Ni metalleri için hesaplanan BAF değerleri 1'in altında hesaplanmıştır. Her ne kadar toprak numunelerinde Cu, Zn, Mn, and Ni konsantrasyonları uluslararası ve ulusal limitlerin üzerinde tespit edilmiş olsa da BFC sonuçları ağır metallerin topraktan bitkiye geçişinin düşük olduğunu göstermektedir.

3.4. İstatistik Analiz Sonuçları

Çalışmamızdaki sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; Ortalama, Standart Sapma, Ortalamanın %95 Güven Aralığı, Minimum ve Maksimum değerler olarak ifade edilmiştir. Sürekli değişkenlerin bakımından grup ortalamalarını karşılaştırmada Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yapılmıştır. Varyans analizini takiben farklı grupları belirlemede Duncan testi kullanılmıştır. Bu değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemede gruplarda ayrı ayrı olmak üzere Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp) istatistik paket programı kullanılmıştır.

ÇELTİK GRUPLARI

Tablo 4. Çeltik Grupları bakımından tanımlayıcı (descriptives) istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

| | N | Mean | Std. Deviation | 95% Confidence Interval for Mean | | Min. | Max. | p.* | |
|----|-----------|------|----------------|----------------------------------|-------------|---------|-------|-------|------|
| | | | | Lower Bound | Upper Bound | | | | |
| Cu | İpsala | 20 | 2,59000 | ,879737 | 2,17827 | 3,00173 | ,000 | 3,690 | ,268 |
| | Meriç | 19 | 2,85895 | 1,201031 | 2,28007 | 3,43783 | ,000 | 5,180 | |
| | Uzunköprü | 21 | 3,09095 | ,826819 | 2,71459 | 3,46732 | 1,850 | 4,410 | |

| | | | | | | | | | |
|----|-----------|----|----------|----------|----------|----------|--------|--------|------|
| | Total | 60 | 2,85050 | ,982169 | 2,59678 | 3,10422 | ,000 | 5,180 | |
| Zn | İpsala | 20 | 20,54050 | 5,333668 | 18,04427 | 23,03673 | 7,470 | 29,710 | ,112 |
| | Meriç | 19 | 17,93053 | 5,134089 | 15,45597 | 20,40508 | 8,640 | 28,450 | |
| | Uzunköprü | 21 | 17,96286 | 2,297899 | 16,91687 | 19,00885 | 13,130 | 21,260 | |
| | Total | 60 | 18,81183 | 4,529073 | 17,64185 | 19,98182 | 7,470 | 29,710 | |
| Mn | İpsala | 20 | 18,11450 | 5,582864 | 15,50164 | 20,72736 | 7,890 | 30,600 | ,194 |
| | Meriç | 19 | 20,78789 | 3,819922 | 18,94675 | 22,62904 | 13,630 | 28,080 | |
| | Uzunköprü | 21 | 19,63000 | 4,073092 | 17,77595 | 21,48405 | 13,580 | 27,690 | |
| | Total | 60 | 19,49150 | 4,615579 | 18,29917 | 20,68383 | 7,890 | 30,600 | |
| Ni | İpsala | 20 | ,00000 | ,000000 | ,00000 | ,00000 | ,000 | ,000 | ,002 |
| | Meriç | 19 | ,87368 | 1,376756 | ,21011 | 1,53726 | ,000 | 3,860 | |
| | Uzunköprü | 21 | ,12143 | ,383592 | -,05318 | ,29604 | ,000 | 1,300 | |
| | Total | 60 | ,31917 | ,880696 | ,09166 | ,54667 | ,000 | 3,860 | |

* ANOVA testi sonuçları

Çeltik grupları karşılaştırma sonuçlarına (Tablo 4) bakıldığında, sadece **Ni** bakımından bölgeler arasında farklılık bulunmuş ve farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Burada Meriç bölgesinin Ni ortalaması daha yüksek bulunmuştur. Uzunköprü bölgesi Ni değeri ise daha düşük bulunmuştur. İki bölge arasındaki Ni değerleri farkı yaklaşık olarak 0,75'tir. İpsala bölgesinde Ni değeri gözlenmemiştir.

Diğer değişkenler (Cu, Zn, Mn) bakımından istatistiksel olarak önemli (anlamlı) bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$). Buna göre bu değişkenlerin bölgelere göre ortalamaları arasında her ne kadar bir miktar farklılık varsa da bu istatistik olarak önemli çıkmamıştır. Bölgeler arası bu farklar istatistik olarak önemli bulunmamış olsa da klinik düzeyde önemli olabileceği unutulmamalıdır.

Correlations (Korelasyon-İlişki) (Değişkenlerin (Maddelerin) birbiriyle ilişkilerinin belirlenmesi)

Tablo 5. Çeltik Grubu = İpsala

| | Cu | Zn | Mn | |
|----|--|--------|--------|----|
| Cu | Pearson Correlation | 1 | | |
| | Sig. (2-tailed) | | | |
| | N | 20 | | |
| Zn | Pearson Correlation | ,684** | 1 | |
| | Sig. (2-tailed) | ,001 | | |
| | N | 20 | 20 | |
| Mn | Pearson Correlation | ,664** | ,644** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,001 | ,002 | |
| | N | 20 | 20 | 20 |
| ** | Correlation is significant at the 0.01 | | | |

İpsala bölgesinde çeltik bakımından Tablo 5'e bakıldığında; "Zn-Cu", "Mn-Cu" ve "Mn-Zn" değişkenleri arasındaki ilişkiler önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Buna göre "Zn-Cu" değişkenleri arasında pozitif yönlü doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkinin derecesi %68,4'tür. Aynı şekilde "Mn-Cu" değişkenleri arasında %66,4 ve "Mn-Zn" arasında %64,4'lük bir ilişki vardır. Bu bölgedeki tüm değişkenler birbiriyle pozitif yönlü bir ilişki içinde oldukları görülmektedir. Bir değişkenin artması diğer değişkende de artışa sebep olmaktadır. İkili ilişkilerin derecesi (Pearson korelasyon katsayıları) %1 ve %5 düzeyinde incelenmiş ve önemli olduklarına karar verilmiştir.

Tablo 6. Çeltik Grubu = Meriç

| | Cu | Zn | Mn | Ni | |
|----|---------------------|--------|--------|----|--|
| Cu | Pearson Correlation | 1 | | | |
| | Sig. (2-tailed) | | | | |
| | N | 19 | | | |
| Zn | Pearson Correlation | ,856** | 1 | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | | | |
| | N | 19 | 19 | | |
| Mn | Pearson Correlation | ,562* | ,624** | 1 | |
| | Sig. (2-tailed) | ,012 | ,004 | | |

| | | | | | |
|-----|--|-------|--------|------|----|
| | N | 19 | 19 | 19 | |
| Ni | Pearson Correlation | ,564* | ,624** | ,153 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,012 | ,004 | ,531 | |
| | N | 19 | 19 | 19 | 19 |
| **. | Correlation is significant at the 0.01 | | | | |
| *. | Correlation is significant at the 0.05 | | | | |

Meriç bölgesinde, çeltik bakımından (Tablo 6'a) bakıldığında; "Zn-Cu", "Mn-Cu", Ni-Cu", "Mn-Zn" ve "Ni-Zn" değişkenleri arasındaki ilişkiler önemli bulunmuştur ($p < 0,05$ ve $p < 0,01$). Buna göre bu değişkenler arasında pozitif yönlü doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. İlişkilerin dereceleri ise Tablo 3'te belirtildiği gibidir. En yüksek ilişki, "Zn-Cu" arasında bulunmuştur (%85,6). İkili ilişkilerin (Pearson korelasyon katsayıları) derecesi %1 ve %5 düzeyinde incelenmiş ve önemli olduklarına karar verilmiştir. Bir değişkenin artması diğer değişkende de artışa sebep olmaktadır. Buna karşın, "Ni-Mn" arasındaki ilişki (%15,3) istatistik olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 7. ÇeltikGrubu = Uzunköprü

| | Cu | Zn | Mn | Ni | |
|-----|--|--------|------|--------|----|
| Cu | Pearson Correlation | 1 | | | |
| | Sig. (2-tailed) | | | | |
| | N | 21 | | | |
| Zn | Pearson Correlation | ,612** | 1 | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,003 | | | |
| | N | 21 | 21 | | |
| Mn | Pearson Correlation | ,383 | ,343 | 1 | |
| | Sig. (2-tailed) | ,087 | ,127 | | |
| | N | 21 | 21 | 21 | |
| Ni | Pearson Correlation | ,221 | ,237 | ,641** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,335 | ,301 | ,002 | |
| | N | 21 | 21 | 21 | 21 |
| **. | Correlation is significant at the 0.01 | | | | |

Uzun köprü bölgesinde, çeltik bakımından Tablo 7'e bakıldığında; "Zn-Cu" ve "Ni-Mn" değişkenleri arasındaki ilişkiler önemli bulunmuştur. Buna göre bu değişkenler arasında pozitif yönlü doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. İlişkilerin dereceleri ise sırasıyla %61,2 ve %64,1'dir. Buna karşın, diğer değişkenler arasında ilişkiler istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Başka bir deyişle, bu değişkenler arasındaki pozitif yönlü ilişki önemli derecede gözlenmemiştir.

TOPRAK GRUPLARI

Tablo 8. Toprak Grupları bakımından tanımlayıcı (descriptives) istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

| | N | Mean | Std. Deviation | 95% Confidence Interval for Mean | | Min. | Max. | p.* | | |
|----|-----------|------|----------------|----------------------------------|-------------|------------|----------|----------|--|------|
| | | | | Lower Bound | Upper Bound | | | | | |
| Cu | İpsala | 4 | 13,807500 B | 5,3754341 | 5,253985 | 22,361015 | 7,2500 | 18,4600 | | ,001 |
| | Meriç | 7 | 13,374286 B | 4,3252624 | 9,374085 | 17,374486 | 8,3300 | 20,0300 | | |
| | Uzunköprü | 9 | 23,372222 A | 4,9313760 | 19,581631 | 27,162813 | 18,0900 | 29,8100 | | |
| | Total | 20 | 17,960000 | 6,7795544 | 14,787071 | 21,132929 | 7,2500 | 29,8100 | | |
| Zn | İpsala | 4 | 71,065000 | 46,1342031 | 2,344812 | 144,474812 | 35,5000 | 137,8000 | | ,324 |
| | Meriç | 7 | 45,483143 | 13,5376495 | 32,962905 | 58,003380 | 29,1000 | 67,1410 | | |
| | Uzunköprü | 9 | 70,151000 | 39,5597430 | 39,742690 | 100,559310 | 29,3170 | 169,1500 | | |
| | Total | 20 | 61,700050 | 34,6706160 | 45,473702 | 77,926398 | 29,1000 | 169,1500 | | |
| Cd | İpsala | 4 | ,832500 B | ,5897669 | ,105951 | 1,770951 | ,0000 | 1,3900 | | ,003 |
| | Meriç | 7 | 1,095714 B | ,7373343 | ,413794 | 1,777635 | ,0000 | 2,1600 | | |
| | Uzunköprü | 9 | 2,093333 A | ,5023445 | 1,707197 | 2,479470 | 1,1200 | 2,6500 | | |
| | Total | 20 | 1,492000 | ,8084332 | 1,113642 | 1,870358 | ,0000 | 2,6500 | | |
| Cr | İpsala | 4 | 23,037500 B | 15,4263635 | 1,509287 | 47,584287 | ,0000 | 32,5400 | | ,005 |
| | Meriç | 7 | 43,418571 B | 33,9978948 | 11,975763 | 74,861380 | ,0000 | 94,4500 | | |
| | Uzunköprü | 9 | 77,724444 A | 21,1902531 | 61,436174 | 94,012715 | 34,1200 | 105,3100 | | |
| | Total | 20 | 54,780000 | 33,1767366 | 39,252809 | 70,307191 | ,0000 | 105,3100 | | |
| Pb | İpsala | 4 | 18,287500 A | 8,479724 | 4,794369 | 31,780631 | 10,2100 | 27,4400 | | ,047 |
| | Meriç | 7 | 11,518571 B | 4,0912404 | 7,734805 | 15,302338 | 7,7500 | 18,1400 | | |
| | Uzunköprü | 9 | 10,981111 B | 2,6132520 | 8,972388 | 12,989834 | 8,7800 | 17,6000 | | |
| | Total | 20 | 12,630500 | 5,2911291 | 10,154175 | 15,106825 | 7,7500 | 27,4400 | | |
| Mn | İpsala | 4 | 277,577500 | 185,1568345 | 17,048342 | 572,203342 | 27,6900 | 440,5400 | | ,075 |
| | Meriç | 7 | 429,221429 | 257,1007700 | 191,442875 | 666,999983 | 89,7800 | 882,1400 | | |
| | Uzunköprü | 9 | 541,221111 | 81,8946498 | 478,271311 | 604,170911 | 430,1700 | 662,6700 | | |
| | Total | 20 | 449,292500 | 198,6705539 | 356,311819 | 542,273181 | 27,6900 | 882,1400 | | |
| Ni | İpsala | 4 | 27,680000 B | 14,1195585 | 5,212632 | 50,147368 | 7,0300 | 37,4800 | | ,005 |
| | Meriç | 7 | 48,442857 B | 24,6352090 | 25,659089 | 71,226625 | 25,5100 | 83,0700 | | |

| | | | | | | | | | |
|--|-----------|----|-----------------|----------------|---------------|----------------|---------|--------------|--|
| | Uzunköprü | 9 | 88,3122 22 A | 35,4790 406 | 61,0406 17 | 115,583 827 | 39,3700 | 134,860 0 | |
| | Total | 20 | 62,2315 00 | 37,3725 860 | 44,7405 91 | 79,7224 09 | 7,0300 | 134,860 0 | |

* ANOVA testi sonuçları

A, B; Gruplar arası farkı göstermektedir.

Toprak grupları karşılaştırma sonuçlarına (Tablo 8) bakıldığında, Cu, Cd, Cr, Pb, Ni bakımından bölgeler arasında farklılık bulunmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Bu değişkenlerden Cu ortalamalarına baktığımızda farklı oluşturan grup Uzunköprü'dür. Uzunköprü bölgesinde Cu değeri diğer iki bölgeye göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. İpsala ve Meriç bölgelerindeki Cu değerleri arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Benzer şekilde Cd değişkeninde bölgeler arası fark önemli bulunmuştur ($p = 0,03$). Cd bakımından en yüksek ortalamaya sahip olan Uzunköprü bölgesi farklılığa sebep olmuş ve diğer bölgelerden ayrılmaktadır. İpsala ve Meriç bölgeleri arasında ise farklılık gözlenmemiştir.

Cr değişkenine bakıldığında, Cr düzeyi bakımından bölgeler arası önemli bir farklılık gözlenmiş ve bu farklılığa sebep olan bölge ise yine Uzunköprü'dür. Uzunköprü'de Cr düzeyi 77,73 düzeyinde bulunmuş ve diğer iki bölgeye göre önemli derecede yüksek çıkmıştır. Diğer iki bölge arasındaki farklılıklar ise önemli düzeyde çıkmamıştır.

Pb değişkenindeki düzeylere göre İpsala bölgesi en yüksek düzeydedir ve fark istatistik düzeyde önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Meriç ve Uzunköprü'de ise Pb değerleri arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Ni değişkeninde de bölgeler arasındaki fark istatistik olarak önemli düzeydedir ($p < 0,05$). Buna göre farkı oluşturan grup Uzunköprü bölgesidir. Burada Ni değeri yüksek bulunmuştur (88,31). Diğer bölgeler (İpsala ve Meriç) arasında ise önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Diğer değişkenler (Zn ve Mn) bakımından bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli (anlamlı) bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$). Buna göre bu değişkenlerin bölgelere göre ortalamaları arasında her ne kadar bir miktar farklılık bulunmuşsa da, bu farklılıklar tesadüf düzeyindedir ve istatistik olarak önemli değildir. Bölgeler arası bu

farklar istatistik olarak önemli bulunmamış olsa da klinik düzeyde önemli olabileceği unutulmamalıdır.

Correlations (Korelasyon-İlişki) (Değişkenlerin (Maddelerin) birbiriyle ilişkilerinin belirlenmesi)

Tablo 9. ToprakGrubu = İpsala

| | Cu | Zn | Cd | Cr | Pb | Mn | Ni | |
|----|--|-------|-------|-------|-------|-------|------|---|
| Cu | Pearson Correlation | 1 | | | | | | |
| | Sig. (2-tailed) | | | | | | | |
| | N | 4 | | | | | | |
| Zn | Pearson Correlation | ,660 | 1 | | | | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,340 | | | | | | |
| | N | 4 | 4 | | | | | |
| Cd | Pearson Correlation | ,894 | ,305 | 1 | | | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,106 | ,695 | | | | | |
| | N | 4 | 4 | 4 | | | | |
| Cr | Pearson Correlation | ,763 | ,277 | ,931 | 1 | | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,237 | ,723 | ,069 | | | | |
| | N | 4 | 4 | 4 | 4 | | | |
| Pb | Pearson Correlation | ,003 | -,272 | -,077 | -,421 | 1 | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,997 | ,728 | ,923 | ,579 | | | |
| | N | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | |
| Mn | Pearson Correlation | ,982* | ,542 | ,962* | ,865 | -,065 | 1 | |
| | Sig. (2-tailed) | ,018 | ,458 | ,038 | ,135 | ,935 | | |
| | N | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| Ni | Pearson Correlation | ,702 | ,363 | ,843 | ,976* | -,601 | ,798 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,298 | ,637 | ,157 | ,024 | ,399 | ,202 | |
| | N | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| * | Correlation is significant at the 0.05 | | | | | | | |

İpsala bölgesinde, Toprak bakımından (Tablo 9'a) bakıldığında; "Mn-Cu", "Mn-Cd" ve "Ni-Cr" değişkenleri arasındaki ilişkiler önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Buna göre bu değişkenler arasında pozitif yönlü doğrusal bir ilişki vardır. İlişkilerin dereceleri %90'nın üzerinde gözlenmiş ve Tablo 9'da belirtilmiştir. İkili ilişkilerin derecesi (Pearson korelasyon katsayıları) %1 düzeyinde incelenmiş ve önemli olduklarına karar verilmiştir. Bu değişkenlerde artışlar diğer ilgili değişkenlerde artışa sebep olmaktadır. Buna karşın, diğer ikili ilişkiler istatistik olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 10. ToprakGrubu = Meriç

| | Cu | Zn | Cd | Cr | Pb | Mn | Ni | |
|-----|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---|
| Cu | Pearson Correlation | 1 | | | | | | |
| | Sig. (2-tailed) | | | | | | | |
| | N | 7 | | | | | | |
| Zn | Pearson Correlation | ,975** | 1 | | | | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | | | | | | |
| | N | 7 | 7 | | | | | |
| Cd | Pearson Correlation | ,906** | ,856* | 1 | | | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,005 | ,014 | | | | | |
| | N | 7 | 7 | 7 | | | | |
| Cr | Pearson Correlation | ,877** | ,838* | ,988** | 1 | | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,009 | ,019 | ,000 | | | | |
| | N | 7 | 7 | 7 | 7 | | | |
| Pb | Pearson Correlation | ,875** | ,837* | ,908** | ,911** | 1 | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,010 | ,019 | ,005 | ,004 | | | |
| | N | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | |
| Mn | Pearson Correlation | ,930** | ,892** | ,932** | ,899** | ,941** | 1 | |
| | Sig. (2-tailed) | ,002 | ,007 | ,002 | ,006 | ,002 | | |
| | N | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | |
| Ni | Pearson Correlation | ,974** | ,943** | ,821* | ,802* | ,811* | ,839* | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | ,001 | ,024 | ,030 | ,027 | ,018 | |
| | N | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| **. | Correlation is significant at the 0.01 | | | | | | | |
| *. | Correlation is significant at the 0.05 | | | | | | | |

Meriç bölgesinde, Toprak bakımından (Tablo 10'a) bakıldığında; tüm ikili değişkenler arasındaki ilişkiler önemli bulunmuştur ($p < 0,05$ ve $p < 0,01$). Buna göre bu değişkenler arasında pozitif yönlü doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. İlişkilerin dereceleri ise Tablo 10'da belirtildiği gibidir. En yüksek ilişki, "Zn-Cu" arasında bulunmuştur (%97,5). İkili ilişkilerin derecesi (Pearson korelasyon katsayıları) %1 ve %5 düzeyinde incelenmiş ve önemli olduklarına karar verilmiştir. Bu bölgede birbiriyle korele (ilişkili) olmayan değişken gözlenmemiştir.

Tablo 11. ToprakGrubu = Uzunköprü

| | Cu | Zn | Cd | Cr | Pb | Mn | Ni | |
|----|--|--------|--------|-------|--------|-------|------|---|
| Cu | Pearson Correlation | 1 | | | | | | |
| | Sig. (2-tailed) | | | | | | | |
| | N | 9 | | | | | | |
| Zn | Pearson Correlation | ,055 | 1 | | | | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,888 | | | | | | |
| | N | 9 | 9 | | | | | |
| Cd | Pearson Correlation | ,831** | -,038 | 1 | | | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,006 | ,923 | | | | | |
| | N | 9 | 9 | 9 | | | | |
| Cr | Pearson Correlation | ,377 | ,054 | ,722* | 1 | | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,317 | ,890 | ,028 | | | | |
| | N | 9 | 9 | 9 | 9 | | | |
| Pb | Pearson Correlation | ,019 | ,951** | -,204 | -,185 | 1 | | |
| | Sig. (2-tailed) | ,960 | ,000 | ,598 | ,634 | | | |
| | N | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | |
| Mn | Pearson Correlation | -,547 | -,625 | -,260 | -,031 | -,626 | 1 | |
| | Sig. (2-tailed) | ,127 | ,072 | ,499 | ,937 | ,071 | | |
| | N | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| Ni | Pearson Correlation | ,002 | -,116 | ,367 | ,886** | -,325 | ,255 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,996 | ,766 | ,331 | ,001 | ,393 | ,508 | |
| | N | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| ** | Correlation is significant at the 0.01 | | | | | | | |
| * | Correlation is significant at the 0.05 | | | | | | | |

Uzunköprü bölgesinde, Toprak bakımından (Tablo 11'e bakıldığında); "Cd-Cu", "Cr-Cd", "Pb-Zn" ve "Ni-Cr" değişkenleri arasındaki ilişkiler önemli bulunmuştur ($p < 0,05$ ve $p < 0,01$). Buna göre bu değişkenler arasında pozitif yönlü doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. İkili ilişkilerin derecesi (Pearson korelasyon katsayıları) %1 ve %5 düzeyinde incelenmiş ve önemli olduklarına karar verilmiştir. İlişkilerin dereceleri ise Tablo 8'de belirtilmiştir. Buna karşın, diğer değişkenler arasında ilişkiler istatistik

olarak önemli bulunmamıştır. Başka bir deyişle, bu değişkenler arasında önemli derecede bir ilişki gözlenmemiştir.

SONUÇ

Önemli stratejik değeri olan su kaynaklarımız ve bunların ekosistemleri giderek kullanılamaz hale gelmekte veya her yıl bir kısmı tamamen yitirilmektedir. Meriç-Ergene Nehri Havzasında gerçekleşen plansız sanayileşme ve şehirleşme, yetersiz altyapı, tarımda bilinçsiz ve denetimsiz kimyasal kullanımı, evsel atık suların arıtılmaması gibi su kalitesini etkileyen faaliyetler sebebiyle; Havzanın yüzey ve yer altı sularının kalitesi aşırı derecede bozulmuş bulunmaktadır.

Bu projede Meriç-Ergene Havzasında bulunan çeltik toprağında ve kahve rengi pirinç tanesinde esansiyel olmayan toksik metaller (Cd, Cr, Ni and Pb) ve mikronutrientlerin (Cu, Zn, Mn) konsantrasyonları araştırılmıştır. Son on yılda yapılan araştırmalar bölgede ağır metal kirliliğinin korkutucu boyutlara ulaştığını gösterirken, çalışmamızda çeltik toprağında ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olduğunu ancak bu konsantrasyonların pirinç tanesine akut sağlık riski oluşturmayacak düzeyde geçtiğini tespit ettik. Meriç-Ergene Nehri Havzasında yapılmakta olan ıslah çalışmaları ve "Ergene Havzası Eylem Planı" bölgenin ağır metal kirliliği açısından iyileşmesine büyük katkı sağlamaktadır. Özellikle havzada yapılan tarımsal faaliyetler Ergene nehri kirliliğinden etkilenmektedir. Bu nedenle ağır metallerin kontrolü için, yapılacak izleme çalışmalarının devamlılığı ve envanter oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

REFERANSLAR

Adiloğlu A, Tok HH, Zaim Ö, İbar H, Öner N, Gönülsüz E and Adiloğlu S (2004) A Study on the determination of some heavy metal used in paddy irrigation in the Evros Region and Uzunköprü. Trakya University Scientific Research Project (TÜBAP-456), Edirne

Başer N, Karahan A, Şenyurt M, Sürek H and A. Karahan (2004) A Study on the heavy metal contents irrigated rice from Ergene River or other water resources.

Ministry of Agriculture and Rural Affairs. General Directorate of Agricultural Research Final Report, Tekirdağ

Bellitürk K, Karakaş Ö, Arabacı O, Kocaman P, Gür B (2012) Determination of Nutrient Status of Rice Grown Soils : Examples of Ipsala and Meric. Sakarya Univ of Sci and Arts Journal 14(1):187-196

Bhattacharyya P, Chakraborty A, Chakrabarti K, Tripathy S, Powell MA (2005) Chromium uptake by rice and accumulation in soil amended with municipal solid waste compost. Chemosp 60(10):1481-6

Commission Regulation Directive EC Commission Regulation (EC), no. 466, Official Journal of the European Communities, 2001.

EBAP, Ergene Basin Action Plan (2011) Publishing Namik Kemal UniversityWeb <http://bhi.nku.edu.tr/minisiteler/userfiles/ergenehavzasieylem.pdf> Accessed 9 June 2016.

Edirne Province Paddy Sector Report (2012) Publishing Trakya Development AgencyWeb <http://investinedirne.org.tr/uploads/docs/06112013MLHBom.pdf> Accessed 10 June 2016.

Ergene Basin Water Quality Monitoring Report (2015) Publishing Environment and Urban MinistryWeb. <https://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Ergene%20Rapor%20ilkbahar%20ve%20yaz%202015.pdf> Accessed 14 June 2016

FAO/WHO Cadmium (EHC no. 134), Geneva, Switzerland, 1992

FAO/WHO 2002 Codex Alimentarius - General standards for contaminants and toxins in food. Schedule 1 Maximum and Guideline levels for contaminants and toxins in food. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee, Rotterdam. Reference CX/FAC 02/16.

Filiz UV (2011) Determination of some heavy metal pollution of rice plant in Edirne Region. Graduate School of Natural and Applied Science. MSc.Thesis, Tekirdağ

Hang X, Wang H, Zhou J, Maa C, Du C, Chen X (2009) Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (*Oryza sativa*) in a typical area of the Yangtze River Delta. Environ Pollut 157;2542–2549

Istanbulluoglu A, Konukcu F and Kocaman I (2006) Development of Water Resources and Agricultural Practices under Irrigation in Thrace Region: Analysis of Existing Data for the Solution of Problems. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty 3(2)

Kabata-Pendias A, Pendias H (1992) Trace Elements in Soils and Plants, 2nd Edition, CRC Press, Boca Ratón, Florida, 315pp

Liu HY, Probst A, Liao BH (2005) Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China). *Sci of the Tot Environ* 339, 153–166

Pais I and Jones JB (1997) Handbook of Trace Elements. LuciePress, Boca Raton, p.223

Payus, C and Abu Talip, F (2014) Assesment of heavy metals accumulation in paddy rice (*Oryza sativa*). *African J of Agri Res* 9 (41)

Regulation on Soil Pollution Control (RSCP), Republic of Turkey, Official Journal 24609, dated December 10, 2001

Rogan N, Serafimovski T, Tasev MDG, Dolenc T (2009) Heavy metal contamination of paddy soils and rice (*Oryza sativa L.*) from Kocani Field (Macedonia). *Environ Geo Health* doi:10.1007/s10653-008-9197-2

Satpathy D, Reddy MV and Dhal SP (2014) Risk Assessment of Heavy Metals Contamination in Paddy Soil, Plants, and Grains (*Oryza sativa L.*) at the East Coast of India. *BioMed Research International* doi:10.1155/2014/545473

Turkish Food Codex (TFC), (2011) Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ, Resmi Gazete 29.12.2011, Sayı: 28157 (3. Mükerrer)

Tok, HH (2004) Heavy Metal Concentrations in Irrigation Waters and Rice Crops in the Central Trakya Region. International Symposium on Transboundary Pollution, Balkan Environmental Association-B.EN.A, Greece

TRAGEP, Trakya Gelişim Projesi (2013-2016) (2013) Publishing Republic Of Turkey Ministry Of Forestry And Water Management Web. <http://www.ormansu.gov.tr/osb/Dosya/TRAGEP.pdf> Accessed 15 June 2016

WHO (1996) Permissible limits of heavy metals in soil and plants (Genava: World Health Organization), Switzerland