Research Journal of Biology Sciences
Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi
E-ISSN: 1308-0261, 10(1): 21-25, 2017

The Effects of Some Heavy Metal Pollutants on Faculty of Agriculture of ESOGU Planting Wheat Fields in Eskişehir-Turkey

Murat ARDIÇ[1], Murat OLGUN[2], Okan SEZER[1], Zekiye BUDAK BAŞÇİFTÇİ[2] ,
Nazife Gözde AYTER[2], Arzu ÇİÇEK[3] , Onur KOYUNCU[1]

[1] Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Science and Art, Department of Biology, Eskişehir, Turkey
[2] Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir
[3] Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

*Sorumlu Yazar
E-posta: muratardic@gmail.com

Geliş Tarihi: 18 Şubat 2017
Kabul Tarihi: 28 Mayıs 2017

Abstract

Today, important amounts of the heavy metal swings to soil via different acitivities such as industrial activities, exhaust gases, watering activities from waste water sources and decantamination mud, using of the urban waste as fertilizer, chemical fertilizer and pesticide practices. Heavy metal accumulation in soils has an important influence not only on the fertility of soils and functions of ecosystem but also on the health of animals and human beings via food chains. Heavy metals in plant structure causes important decreases in crop quality and yield due to inhibition of plant physiological activity, decrease of fertility and die. In this study, Hatay 85 cultivar wheat farms in the control and testing Faculty of Agriculture fields of Eskişehir Osmangazi University. Testing fields are located junction point of active road and railway where near the Porsuk river. In contrast to, control fields not located any pollutant sources. Elemental analysis of Cu, Fe, Ni, Pb, Cd, Mg, Mn, Na, Zn and As were performed on different soil and wheat specimens which collected from different points of the control and testing farms. According to the obtained data from analysis and measurements; testing fields are effected by pollutants differently from control fields.

Key words: Wheat, Planting Areas, Heavy Metal Accumulations

ESOGÜ Ziraat Fakültesi Buğday Tarlalarında Bazı Ağır Metal Kirleticilerinin Etkileri, Eskişehir-Türkiye

Özet

Günümüzde, endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzozları, atık su ile yapılan sulamalar ve arıtma çamuru uygulamaları, kentsel atıkların gübre olarak kullanımı, kimyasal gübre ve pestisit uygulamaları ile önemli miktarda ağır metal toprağa ulaşmaktadır. Ağır metallerin toprakta birikmesinin sadece toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla havyan ve insan sağlığı üzerinde de önemli etkileri vardır. Bitki bünyesine ulaşan ağır metaller bitkilerin fizyolojik aktivitelerini engellemekte, verimliliklerini azaltmakta ve ölümlerine neden olmakta dolayısıyla ürün kalite ve miktarının azalmasına yol açmaktadırlar. Yapılan çalışmada kontrol ve ESOGÜ deneme tarlalarında Hatay 85 çeşidi buğday yetiştirilmiştir. Kontrol tarlası kirlenmenin olmadığı alanda seçilirken, deneme tarlaları iki aktif taşıt yolunun kesiştiği, demiryolu trafiğinin olduğu ve kenarında Porsuk Çayının geçtiği yerde bulunmaktadır. Deneme ve kontrol tarlalarında farklı noktalardan toprak ve yetiştirilen buğday bitkisinde Cu, Fe, Ni, Pb, Cd, Mg, Mn, Na, Zn ve As element analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda deneme tarlasının kontrol ekimini yapıldığı tarlaya göre çevresel kirletilecilerin etkisinde kaldığı ve buğday gelişiminin etkilendiği bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Buğday, Tarım Alanları, Ağır Metal Kirliliği

GIRIŞ

Günümüzde kirlilik insanlığın en önemli problemleri arasında yer almaktadır. Artan kirlilikle birlikte hava, su ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri değişmekte; bu durum gerek insanlar gereksede hayvanların yaşamlarını olumsuz yönde etkilemektedir [9; 14]. Sanayileşme ile birlikte tüm Dünya gerek doğrudan fabrikalardan çevreye salınan, gerekse de dolaylı yoldan sanayi ürünlerinin atıkları ile kirletilmektedir. Bu kirleticileirn etkileri geçmişte çok belirgin bir etki göstermediği için insanlık tarafından dikkate alınmamıştır. Fakat artan nüfus ve sanayileşmeye birde bu kirleticilerin doğada zamanla birikmesi ve ortaya çıkardıkları etkilerin ciddi düzeylere; hatta ve hatta insanlığı etkileyecek seviyelere ulaşması insanlığın kirleticileri ve olası zararlı etkilerini ortadan kaldırma arayışına sürüklemiştir [21]. Toprak organik ve inorganik maddelerin hava ve su ile biraraya meydana getirdiği bir karışımdır. Bu karışımı oluşturan bileşenler doğaya bırakılmış olan birçok farklı kirletiyiciyi değişen miktarlarda bünyelerinde tutma potansiyeline sahiptir. Bu kirleticilerin başında ağır metaller yer almaktadır. Ağır metal miktarı canlı organizmada belirli bir eşik değere ulaşana kadar kirliliğin etkileri gözlenenemektedir. Bu durum yıllarca gerek insanların gerekse de diğer canıların yoğun şekiller ağır metallere maruz kalmalarına neden olmuştur [7; 12; 19].

Ağır metaller canlıların vücutlarına farklı yollardan

girmektedirler. Canlıların ağır metaller ile kirletilmiş havayı solumaları, kirli suların tüketilmesi ve ağır metal kirliliğine maruz kalmış topraklarda yetiştirililen ürünlerin tüketilmesi ağır metallerin canlı vücuduna alınımında izledikleri başlıca yollar arasında yer almaktadır. Ağır metal kirliliğine maruz kalmış topraklarda yetiştirilen bitkiler üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar özellikle bu ortamlarda bitkilerin kirleticiye maruz kalmamış topraklara nazaran çok daha yüksek oranda ağır metali bünyesinde biriktirdiğini göstermektedir [3; 5; 6]. Zn, Fe, Cu, Cr, ve Co gibi bazı iz elementler bitkiler için yaşamsal öneme sahiptirler. Bu elementler bitki metabolizması ve biyosentezlerde metabolik ürünler ve enzimler için kofaktör olarak önemli role oynamaktadırlar [18]. Fakat bu iz elementlerin bitkilerin yaşam ortamlarında eser miktarlarda bulunmaları gerekmektedir. Zira bitkiler için yaşamsal öneme sahip olan bu iz elementler toksisite değerini aştıkları durumlarda bitkinin yaşamsal faliyetlerini yavaşlatmakta hatta uzun vadede ve çok yüksek dozlarda ortadan kaldırmaktadırlar. Bu iz elementler dışında bitkiler için hiçbir yaşamsal önemi saptanamamış oldukça toksik olan bazı ağır metal kirleticilerde günümüzde doğaya yoğun olarak bırakılmaktadır. Bu kirleticilerin başında Pb ve Cd yer almaktadır. Özellikle egsoz gazları ile ortama salınan bu ağır metaller atmosferimizi kirletmekte, dahası yağışlar vb. yollarla su kaynaklarına ve toprağa ulaşarak oradan direk veya indirek olarak canlıları etkilemektedirler. Bu ağır metaller direk veya indirek olarak besin zincirine girdikten sonra özellikle bazı canlı gruplarında biyolojik birikime uğramakta ve bu canlılar ile beslenilmesi durumunda ağır metal zehirlenmesi vakaları ortaya çıkmaktadır [1; 17].

Bir bitkinin büyüme ve gelişme sırasında mineral element istekleri değişkendir. Ekonomik değere sahip bitkilerde, üretimin istenen seviyeye ulaşması için, topraktaki ve bitki dokularındaki besin seviyelerini analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Zira iz elementlerin herhangi birinin miktarındaki azalma diğer elementlerden yararlanmayıda etkilemekte ve devamında elde edilen ürün kalitesinde ve miktarında düşüş olmaktadır. Artan insan nüfusu ve tarımı yapılan ürünlerinde bu nüfusun başlıca besin kaynaklarında birisi olduğu düşünelecek olursa iz element miktarının aslında insanlık için ne denli önemli bir olgu olduğu daha net bir biçimde ortaya çıkmaktadır [17].

Fakat sadece iz elementlerin toprakta bulunması bitkilerin yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmeleri ve tarım yapılan arazilerde kaliteli ve yüksek verim alınması için yeterli değildir. Bunun dışında bir bir diğer nokta ise ağır metallerin toprakta ve ortamdaki miktarlarının mümkünse en düşük değerlerde tutulmasıdır. Bu ağır metaller tarımı yapılan bitkilere toksik etki yaparak verimi düşürdükleri gibi biyolojik birikim aracılığı ile hayvan ve insanlarada zarar vermektedirler. Ağır metaller vücuttan atılamamakta ve uzun süre bu kirleticilere maruz kalınması durumunda sitotoksik, karsinojen ve mutajenik etkileri ile gerek yaşam kalitesini düşürerek gereksede yüksek ekonomik kayıplara neden olmaktadırlar [15].

Buğday günümüzde insanların diyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Protein, karbonhidrat ve bazı inorganik mikrobesinler açısından en önemli besin kaynaklarından biri olan buğday insanlığın gelişimi için oldukça değerlidir [2]. Gerek buğday gereksede tarımı yapılan diğer bitkilerin tüketimi ancak ve ancak içerdikleri ağır metal miktarları müsaade edilebilir seviyelerde ise mümkündür. Bu müsaade edilebilir değerlerin dışındaki değerlerde ise olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. İz element konsantrasyonlarının düşük olduğu durumlarda verimde düşüş; yüksek iz element ve ağır metal miktarında ise yetiştirilen üründe ortaya çıkan toksik etkiler ile birlikte bu ürünleri tüketen canlılarda ağır metal birikimine bağlı hastalıklar ortaya çıkmaktadır [4; 11; 13; 16].

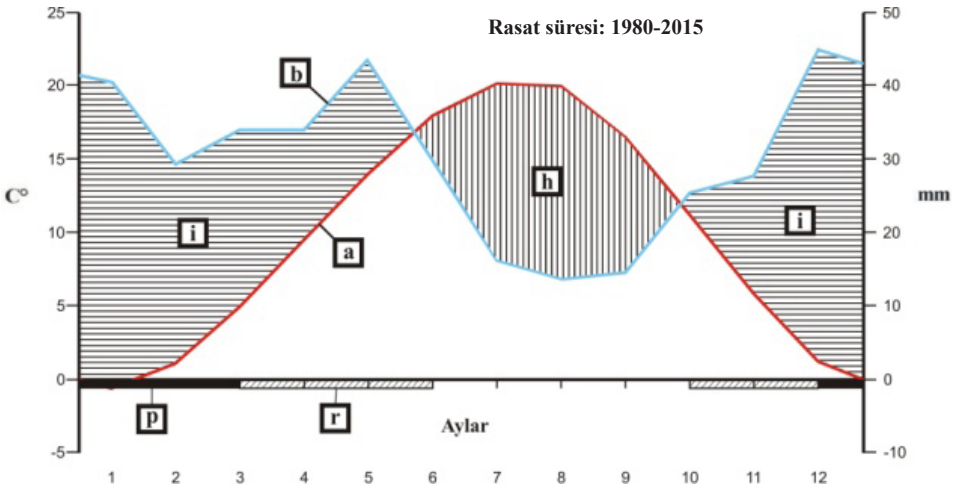
Bu çalışmada Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi buğday tarlalarında yetiştirilen buğday bitkilerinde egzoz gazları ile atmosfere salınan ağır metal kirleticilerin ve tarım alanları çevresindeki akarsulara bırakılan ağır metal atıkların etkileri araştırılmıştır. Günümüzde yollardaki taşıt sayısının hızla arttığı ve birçok tarım arazisinin taşıt yollarına bitişik olduğu bilinmektedir. Ayrıca son çevre koruma yasaları çıkmadan önce birçok fabrika herhangi bir filtrasyon ve arıtma işlemi uygulamadan yıllarca atıklarını yakınlarından geçen akarsulara bırakmışlardır. Bu çalışma ile ağır metal kirliliği kaynaklarını belirleme ve ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalara veritabanı oluşturulması amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmamızda; kontrol grubu ve deneme tarlalarında 6 farklı noktadan toprak ve yetiştirilen buğday bitkisinde Cu, Fe, Ni, Pb, Cd, Mg, Mn, Na, Zn ve As element analizleri yapılmıştır. Yetiştirilen buğday çeşidi Hatay 85'dir. Kontrol tarlası bölgeye yakın kirleticilerin olmadığı tarım alanıdır. ESOGÜ deneme tarlası; ESOGÜ Ziraat fakültesine ait alanda; iki yoğun trafik yolunun kesiştiği, Eskişehir İzmir tren yolu yanından geçtiği ve Porsuk Çayının Eskişehir merkezine giriş yaptığı bölgededir. .Alınan örnekler; 105 ^{0}C'de 3 saat etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. Etüvde tamamen nemi giderilen numunelerden 0,5 g alınarak mikrodalgada 3:1



Şekil 1. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Deneme tarlası konum ve örnek alanları



Şekil 2**.** Eskişehir'in iklim diyagramı

a. Sıcaklık eğrisi, **b.** Yağış eğrisi, **h.** Kurak mevsim, **i.** Nemli mevsim, **p.** Mutlak donlu aylar, **r.** Muhtemel donlu aylar

oranında nitrik asit ve perklorik asit ile sindirme işlemine tabi tutulmuştur. Organik yıkımları biten örnekler 0,45 µm gözenek çaplı membran filtrelerden süzülerek, hacimleri 100 mL'ye tamamlanmış ve element seviyeleri Analytic Jena ContrAA 700 marka atomik absorbsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir.

Araştırma alanının iklimsel özelliklerinin değerlendirilmesinde Eskişehir Meteoroloji 3. Bölge Müdürlügü'nden elde edilen Eskişehir ili'ne ait rasat verileri kullanılmıştır. *Çalışma alanı Akdeniz iklimli bölgelere girmektedir.* Eskişehir ilinin *yıllık ortalama sıcaklığı 18.8* ^{0}C, y*ıllık ortalama yağış miktarı: 752* mm'dir.

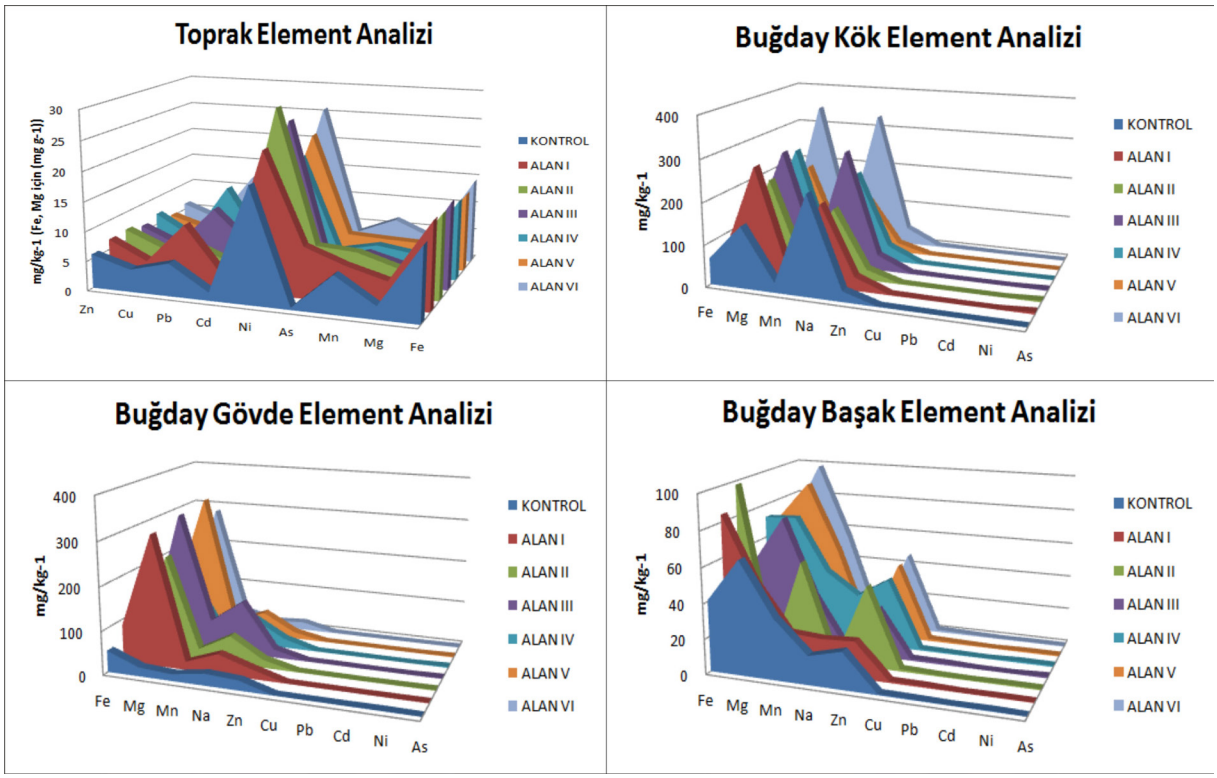
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında kontrol ve araştırma alanı olmak üzere 2 gruptan toplanan buğday örnekleri analiz edilmiştir. Kontrol tarlasının bulunduğu bölgede herhangi bir taşıt yolu bulunmayıp egzoz gazları vasıtası ile havada asılı kalan kirleticilerin toprağa ulaşması mümkün değildir. Çalışma kapsamında örnekleme yapılan ESOGÜ deneme tarlası; ESOGÜ Ziraat fakültesine ait alanda; iki yoğun trafik yolunun kesiştiği, Eskişehir İzmir tren yolu yanından geçtiği ve Porsuk Çayının Eskişehir merkezine giriş yaptığı bölgededir. Deneme tarlasının tarafik yoğunluğu Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı Ulaşım Etütleri Şubesi Müdürlüğü Haziran-2016 verilerine göre; Atatürk Bulvarı yönünde günlük ortalama 7545 otomobil, 606 orta ticari araç, 113 otobüs, 1147 kamyon, 228 çekicili kamyon toplamda 9639 araç trafiği vardır. Kütahya Eskişehir yolu yönünde günlük ortalama 7561 otomobil, 488 orta ticari araç, 231 otobüs, 1089 kamyon, 417 çekicili kamyon toplamda 9786 araç trafiği vardır. İki aktif yolun toplamında günlük 20 000 araç trafiği vardır. Eskişehir-İzmir tren hattından günlük 24 tarifeli bir o kadarda yük tren seferi yapılmaktadır [20]. Bölgede kontrol tarlamıza göre ana kirletici trafik araçlarının trafik yoğunluğuna bağlı olarak yarattığı ağır metal içeriklerinin havada asılı kalıp sonrasında toprağa işlemesidir. Çalışma tarlasını üzerinde etkili olan diğer kirletici ise; tarlalaların bulunduğu alanda kıvrım yapan Porsuk çayıdır. Günümüzdeki yürürlükteki çevre yükümlülükleri devreye girmeden önce Kütahya ilinin sanayi ve evsel atıklarını Porsuk çayı ile Eskişehir iline ulaşmakta ordanda Sakarya nehrine bağlanmaktaydı. Yıllar boyunca devam eden kirletme sürecine bağlı olarak jeomorfolojik olarak birikime uygun olan deneme tarlamızda ağır metallerin gerek toprak gerekse yer altı sula suyundaki biriktiği ve etkilerin devam ettiği *gözlenmektedir.*

Çalışma sonuçlarımızı element bazında ele aldığımızda toprak bulunması gereken sınır değerlerini karşılaştırdığımızda; Fe toprak birikimi olması gereken sınır değerinde iken; sonuçlarımız kontrole göre daha fazla ve *sınır değerlerin* içersinde yeterli olarak sınıflandırılmaktadır Mg birikimi olması gereken sınır değerinde iken; sonuçlarımız; kotrole *göre iki kat daha fazla* olmasına rağmen sınır değerler içindedir. Mn toprak sınır değeri arasında beklenirken kontrol ve çalışma tarlasında sınır değerler arasında sonuçlar gözlenmiştir. *Çevre illerin* toprak analiz verileriyle Fe, Mg, Mn birikimleri sonuçlarımız örtüşmektedir. Zn topraktaki birikimi sınır değerler arasında gerçekleşmiş ve Türkiye toprakları için fazla sınıflandırmasına yakın sonuçlar elde edilmiştir, bu sonuçlar Polonya, Romanya ülke otlamalarına benzer sonuçlardır. Cu toprak için olması gereken sınır değeri iken ölçümlerimiz Cu'ın kontrole parelellik *gösterdiğini ortaya koymuş ve toprak için yeterli olduğu belirlenmiştir.*

Cd toprakta çevresel kirlenmenin göstergelerinden biridir kontrol toprağında 0,44 mg/kg^{-1} ve kabul edilebilir dünya toprak (0,21-0,56 mg/kg^{-1}) sınır değerleri arasında iken çalışma tarlamızdaki ölçümler özellikle tarlamızın taşıt trafiğinin olduğu alanda altı katına kadar çıkmıştır. Pb birikimi araştırma toprak analizleri kontrol toprağına göre iki katı ortalamada Romanya, İtalya topraklarının kirliliğine benzerdir ve kirlilik bölgeleri taşıt yoluna yakın bölgelerde fazladır. Ni birikimi sınır değerlerin içinde yer alır. As diğer bir kirletici göstergesi elementtir ve çalışma alanımızda toprakta As miktarı kontrol örneğinin neredeyse doksan katıdır. Bununda sebebi yıllar boyunca Porsuk Çayının Kütahya ilinin ağır sanayisinin yarattığı kirliliğin toprakta birikmiş olmasıdır. Son yıllarda ne kadarda arıtma zorunluluğu getirilse de daha önceki atıkların Porsuk Çayına bırakılması ve As gibi ağır metal grubunun kolay kolay toprakta azalmaması temel nedendir.

Buğday bitkisinde kuru ağırlıkölçümlerimizi irdelediğimizde;*ölçümünü yaptığımız* Fe, Mn, Na, Mg, Cu elemenleri; Kabata-Pendias ve arkadaşalarının 2001 yılında Almanya, Polonya, Finlandiya, Rusya gibi ülkelerin kabul ettiği sınır değerlerini topladığı çalışmalarındaki verilerle örtüşmekte ve sınır değerlerde kalmaktadır [10]. Ancak Zn *sınır değerlerinin biraz* aşamakta ve Pb, Ni, As sonuçlarımız ise üstünde yer almaktadır. Özellikle besin yoluyla sağlığımızı tehdit eden Cd tehlikesinin farkına varan



Şekil **3.** Toprak ve Buğday (Kök, Gövde ve Başak) element analiz grafikleri.

birçok dünya ülkesi gıda güvenliğini sağlamak için toprağa ilave edilen Cd miktarını azaltmak amacıyla da yasal düzenlemeler yapmaktadır. Topraktaki Cd'un en önemli kaynaklarından birinin fosforlu gübrelerdeki yüksek Cd konsantrasyonu nedeniyle, ülkeler fosforlu gübrelerdeki Cd konsantrasyonuna sınırlamalar koymuştur. Türkiye'de ise Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ne göre buğday tanesinde maksimum izin verilebilir Cd konsantrasyonu 0.2 mg /kg^{-1}'dır. Çalışma alan*ımızda ölçümlerimizde ortalama 0,28* mg/kg^{-1} *ölçümlerle sınır* değerlerin üstündedir [8]. Elde edilen element analiz sonuçları şekil 3' de grafik halinde verilmiştir.

Son yıllarda özellikle küresel ısınmanın getirdiği olumsuz ve dengesiz mevsimsel süreç sonucunda tarım alanlarının analizlerle sürekli kontrol edilip, doğru ürün seçimi ve doğru toprak gerçekliliği önem kazanmaktadır. *Özellikle deneme tarlamızda 1, 3 ve 4. örnek alım bölgeleri diğerlerine göre* topografik olarak biraz alçaktadır. Bu alanlarda ağır metal sonu*çları diğer örnek bölgelerinden* daha yüksek çıkmış ve toprak kirlenmiştir. ESOGÜ Ziraat Deneme alanları sonuçlarımız ışığında artık günümüzün kirleticilerinin etkisindedir ve şehrin içinde kalmıştır. Bitki analizleri sayesinde oluşturulan gübreleme programlarının pek çok bitkide ürün kalitesi gelişimine olanak sağladığı bilinmektedir. Bu veriler ışığında iklimsel, topografik özellikler ve diğer ekolojik parametrelerle daha fazla verim alınımı ve iyileştirme programları yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Alloway, B.J., Jackson, A.P., Morgan, H., 1990. The accumulation of Cadmium by vegetables grown on soils contaminated from a variety of sources. Sci. Total Environ. 91, 223–236.

[2] Anita, S., Rajesh, K.S., Madhoolika, A., Fiona, M.M., 2010. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. Food Chem. Toxicol. 48, 611–619.

[3] Bhagure, G.R., Mirgane, S.R., 2011. Heavy metal concentrations in groundwater and soils of Thane Region of Maharashtra. India. Environ. Monit. Assess. 173, 643–652.

[4] Das, A.K., 1990. Metal Ion Induced Toxicity and Detoxification by Chelation Therapy, A textbook on Medical Aspects of Bioinorganic chemistry. CBS, Delhi, 17–58.

[5] Dowdy, R.H., Larson, W.E., 1975. The availability of sludge borne metals to various vegetable crops. J. Environ. Qual. 4, 278 282.

[6] Dudka, S., Miller, W.P., 1999. Permissible concentrations of arsenic and lead in soils based on risk assessment. Water Air Soil Pollut. 113, 127–132.

[7] Evans, L.J., 1989. Chemistry of metal retention by soils. Environ. Sci. Technnol. 23, 1046–1056.

[8] http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/12/20011210.htm

[9] Jamal, W., Ayub, A.N., Usman, M., Khan, A.G., 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance Zn and Ni uptake from contaminated soil by soybean and lentil. Int. J. Phytorem 4, 205–221.

[10] Kabata-Pendias, A Pendias H. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, FL (3rd edition), 2001:pp. 413.

[11] Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y.M., Huang, Y.Z., Zhu, Y.G., 2008. Health risk of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with waste water in Beijing. China Environ. Pollut. 152,686–692.

[12] McLaren, R.G., Crawford, D.V., 1973. The fractionation of copper in soil. J. Soil Sci. 24, 172–181.

[13] Melamed, R., Cao, X., Chen, M., Ma, L.Q., 2003. Field assessment of lead immobilization in a contaminated soil after phosphate application. Sci. Total Environ. 305, 117–127.

[14] Misra, S.G., Mani, D., 1991. Soil pollution. Ashish Publishing House, 8/81, Punjabi Bagh, New Delhi, India.

[15] More, T.G., Rajput, R.A., Bandela, N.N., 2003. Impact of heavy metals on DNA content in the whole body of freshwater bivalve. Environ. Sci. Pollut. Res. 22, 605–616.

[16] Nariago, J.O., 1990. Global metal pollution poisoning the biosphere. Environment 32, 7–33.

[17] Radojevic, M., Bashkin, V.N., 1999. The Royal Society of Chemistry Cambridge. United Kingdom.

[18] Rattan, R.K., Datta, S.P., Chhonkar, P.K., Suribabu, K., Singh, A.K., 2005. Long term of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater. Agric. Ecosystem Environ. J. 109, 310–322.

[19] Schnitt, H.W., Sticher, H., 1991. Heavy metal compounds in the soil. In: Merian, E. (Ed.), pp. 312–331.

[20] Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı Ulaşım Etütleri Şubesi Müdürlüğü Haziran-2016.

[21] Vander Gaag, M.A., Stortelder, P.B.M., Vander Kooy, L.A., Bruggeman, W.A., 1991. Water pollt. Cont. 3, 13–18.