

Tülin PEKCAN^{1a*}

Burçin ÇOKUYSAL^{2a}

¹Zeytincilik Araştırma Enstitüsü
Müdürlüğü, İzmir

²Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme
Bölümü, İzmir

^{1a}ORCID: 0000-0002-5534-2548

^{2a}ORCID: 0000-0003-2546-1578

*Sorumlu yazar (Corresponding
author):

tulhan35@hotmail.com

DOI

[https://doi.org/10.46291/ISPECJASv
ol6iss2id299](https://doi.org/10.46291/ISPECJASv
ol6iss2id299)

Alınış (Received): 02/02/2022

Kabul Tarihi (Accepted): 04/03/2022

Anahtar Kelimeler

Ağır metal, fertigasyon, kimyasal gübre, organik gübre, organomineral gübre

Keywords

Heavy metal, fertigation, chemical fertilizer, organic fertilizer, organomineral fertilizer

Fertigasyon Sisteminde Kullanılan Bazı Sıvı Organik ve Organomineral Gübrelerin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi

Özet

Son yıllarda küresel ısınmanın sebep olduğu iklimsel değişiklikler ülkelerin yağış rejimini de önemli ölçüde etkilemektedir. Bunun sonucu olarak kentlerde, sanayide ve tarımda kullanılan suyun en ekonomik bir şekilde kullanılması gerektirmektedir. Yağışlardan elde edilen suyun en büyük bölümü tarımsal faaliyetler içerisinde yer alan bitkisel üretimde sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda damla sulama ile sulamanın (fertigasyon) en iyi yöntemlerden biri olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın ana amacı, fertigasyon sisteminden kullanılan bazı sıvı organomineral ve organik gübrelerin Tarım ve Orman Bakanlığının 29.03.2014 tarih ve 28956 sayılı "Gübrelerin Piyasaya Gözetimi ve Denetimi Yönetmeliği" göre (EC fertilizers) değerlendirilerek uygunluk durumları belirleyerek; bunun sonucunda toprak kirliliği üzerine olan etkisini incelemektir. Piyasadan ve gübre fabrikalarından orijinal ambalajında temin edilen gübreler materyal olarak kullanılmıştır. Sıvı gübrelerin ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Gübre numunelerinin analizleri, AOAC Official metot 2006.03'e göre yapılmıştır. Arsenik, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb miktarları belirlenen 38 adet gübre örneğinin 15 adedinin yönetmelik açısından uygun olduğu bu da örneklerin %39.47'sini oluşturduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda, toprak yaprak ve su analizlerine bağlı olarak hazırlanacak olan fertigasyon ile gübreleme programlarının yapılmasında, o gübrelerin kullanılıp kullanılmaması konusunda yarar sağlayacaktır.

Determination of Heavy Metal Contents of Some Liquid Organic and Organomineral Fertilizers Used in Fertigation System

Abstract

In recent years, the climatic changes caused by global warming have also had a significant impact on countries' precipitation regimes. As a result, it requires the most economical use of water used in cities, industry and agriculture. Most of the water recovered from precipitation is used for irrigation purposes in crop production, which is part of agricultural activities. The studies found that drip irrigation (fertigation) is one of the best methods. The main purpose of the study is to determine the conformity status of some liquid organomineral and organic fertilizers used in the fertigation system (EC fertilizers) according to the "Regulation on the Surveillance and Inspection of Fertilizers on the Market" of the Ministry of Agriculture and Forestry dated 29.03.2014 and numbered 28956; as a result, to examine the effect on soil pollution. Originally packaged fertilizers from the market and from fertilizer factories served as material. The heavy metal content of liquid fertilizer was determined. Analysis of fertilizer samples was performed according to AOAC Official Method 2006.03. It was determined that 15 out of 38 fertilizer samples determined for Arsenic, Cd, Co, Cr, Hg, Ni and Pb were compliant, accounting for 39.47% of the samples. As a result of the study, it will be beneficial to use these fertilizers in the fertigation and fertilization programs that are established based on soil, foliar and water analysis.

GİRİŞ

Büyüyen tüketim toplumunun yiyecek ihtiyacını karşılamak ve kişi başına birim alandan en yüksek kalitede ürün elde etmek, tarımsal verimliliğin en önemli kriterlerinden birisidir. Topraktaki besin maddelerinin miktarları verimin kalitesini etkiler. Tarım topraklarının sürekli olarak kullanılması sonucu topraklar verimsizleşmektedir. Dolayısı ile toprağın verimliliğini devam ettirebilmek için gübreleme, zararlılarla mücadele, sulama ve toprak işleme gibi kültürel faaliyetler arasında gübreleme öncelik kazanmaktadır. Tarımsal faaliyetlerin çevre üzerindeki kimyasal etkisine ilişkin endişe gün geçtikçe artmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda dengesiz gübre kullanımının tarım topraklarını ve çevre sağlığını olumsuz etkilediği belirtilmektedir. Bunun sonucunda toprakta tuzluluk ağır metal birikimi, ötrofikasyon ve sera gazı etkisi gibi problemlerin artmasına sebep olmaktadır. Topraktan kaynaklanan bu sorunlara ilave olarak son yıllarda küresel ısınma nedeniyle iklim şartlarında meydana gelen değişiklikler özellikle yağışlar üzerinde etkili olmaktadır. Yağış rejimindeki bu olumsuz etkiler üreticilerin su kullanım yöntemlerini de değiştirmesine neden olmaktadır. Sulama yöntemlerindeki bu değişikliklerin yaygınlaşmasına katkı sağlamak için devletin modern sulama sistemlerine destek vermesi de fertigasyon sistemlerinin kullanılması üzerine etki etmektedir. Daha kaliteli ve yüksek verim için sulama ve gübrelemeyi birleştiren fertigasyon sistemi toprak tipine ve bitkilerin ihtiyacına göre verimliliği arttırmada ve su sağlamada en etkin bir yol olduğu bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Bar-Yosef, 1977; Levis ve ark., 1979). Yapılan araştırmalarda damla sulama sistemi ile birlikte gübrelerin verilmesinin bitki üzerindeki etkinliği gübre materyalinin çözünürlüğü ile doğru orantılıdır. Fertigasyon sistemi ile kullanılan gübreler iki ayrı tipte bulunmaktadır. Bunlardan birisi katı ve diğeri sıvı formda üretilen gübrelerdir.

Etkili madde miktarı bakımından klasik gübrelere oranla daha pahalı olmasına rağmen bitkinin ihtiyaç duyduğu miktarlarda uygulandı için daha ekonomik bir uygulama şeklidir. Üreticiler çoğunlukla hazırlama ve kullanım kolaylığı bakımından sıvı formdaki gübreleri tercih etmektedirler. Sıvı formdaki fertigasyon gübreleri maliyeti arttırsa bile kullanımdaki hata payını düşürdüğü için (gübre tankında meydana gelen tortu oluşumu ve çözünememe) yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretim ve kullanım maliyeti yüksek olsa bile sıvı fertigasyon gübrelerinin doğru miktarda kullanımı üreticilere olduğu kadar ülke ekonomisine de yardımcı olmaktadır. Fertigasyon, bitkide aşırı su isteği yaratmadan ihtiyaç duyulan su ve besin maddelerini bitkiye sağlamaktadır. Sadece bitkinin etkili kök sisteminin bulunduğu bölge sulandığı için su ve gübre tasarrufu sağlanırken bitkinin ihtiyaç duyduğu su ve besin elementleri gelişme dönemi boyunca eksiksiz olarak karşılanabilmektedir. Bunun yanında fosforlu gübre bazı mikro element içerikli gübre uygulamalarında toprakta büyük boyutlara ulaşan fiksasyon sorununun çözümünde olumlu sonuçlar elde edilmektedir. Bu amaçla gübre üreten ve pazarlayan kuruluşlardan orijinal ambalajlarda toplam 38 adet sıvı organomineral ve organik gübre örneğindeki As, Cd, , Co, Cr, Hg, Ni ve Pb miktarları belirlenmiştir. Organomineral ve organik gübrelerin organik bölümleri iç piyasadan karşılanırken; organomineral gübrelerin kimyasal kısmını oluşturan hammaddelerin büyük bölümü ithal edilmektedir. Bu çalışmada, büyük gübre firmaları tarafından üretilen gübreler ile bu firmalar tarafından ithal edilen gübreler incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada Türkiye’de üretilen ve yurt dışından ithal edilen fertigasyon sisteminde kullanılmaya uygun toplam 38 adet organomineral ve organik gübre materyal olarak kullanılmıştır (Çizelge 1) .

Çizelge 1. 38 adet organomineral ve organik gübrenin ilgili yönetmeliğe göre sınıflandırılması

Gübre Tipi	Adet
Azotlu sıvı organomineral gübreler (OMG)	2
NK'li sıvı organomineral gübreler (OMG)	3
NPK'lı sıvı organomineral gübreler (OMG)	4
Bitkisel menşeli aminoasit organik Gübreler (BMAAOG)	3
Özel gübreler	1
Organik toprak düzenleyiciler (OTD)	2
Organik gübreler (OG)	5
Tek bitki besinli sıvı gübreler (TBSG)	3
NP gübre çözeltisi (NPGÇ)	2
NK gübre çözeltisi (NKGÇ)	1
NPK gübre süspansiyonu (NPKGS)	5
İkincil besin maddeli gübreler (İBMG)	2
Mikro bitki besin maddesi içeren gübreler (MBBMG)	4

Gübre fabrikalarından ve piyasadan alınan gübre örneklerinin ağır metal içerikleri üçer paralelli olarak AOAC Official metot 2006.03'e göre kapalı sistemde mikro dalga fırında 200°C'de HNO₃ ile yakılıp matriks çözeltisi ile tamamlanarak As, Cd, Cr, Co, Hg, Ni ve Pb (mg/kg) içerikleri ICP-OES cihazında belirlenmiştir (Horwitz ve Latimer, 2007).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Gübre denetim yönetmeliğinde sıvı gübrelerin ağır metal içerikleri ile ilgili herhangi bir tolerans değeri bulunmamasına rağmen "Tarımda kullanılan organik, organomineral gübreler ve toprak düzenleyiciler ile mikrobiyal, enzim içerikli ve organik kaynaklı diğer ürünlerin üretimi, ithalatı, ihracatı ve piyasaya arzına dair

yönetmelikte" çevre ve insan sağlığını korumak amacı ile yönetmelikte Cd mg/kg, Cr 350 mg/kg, Hg 5 mg/kg, Ni 120 mg/kg ve Pb 150 mg/kg değerlerinden daha fazla olamayacağı belirtilmektedir. Organomineral gübreler, fosfor içeriyorsa Cd içeriğine bakılmayacağı belirtilmiştir. Birçok gübre yönetmeliğinde Cd limiti fosfor konsantrasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Dolayısı ile fosfor uygulama oranı toprağa verilen Cd miktarını da ortaya koymaktadır. Biyolojik atıklar hakkındaki yönetmelikler ise birçok ağır metali içerirken fosforlu gübreler ile ilgili düzenlemelerde sadece Cd limitlerinden söz etmektedir. Çalışmada kullanılan gübre örneklerinde bitkilerde toksite yapabilen As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb elementlerinin analizleri yapılmıştır.

Çizelge 2. Sıvı organomineral gübrelerin As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb içerikleri

Gübre Çeşitleri	As	Cd	Co	Cr	Hg	Ni	Pb
Azotlu Sıvı organomineral gübreler (OMG)	mg/kg		%	mg/kg			
OMG1 N	1.46	0.04	-	0.38	3.08	3.27	0.36
OMG2 N	1.45	1.47	-	4.47	1.82	37.4	2.18
NK'li sıvı organomineral gübreler (OMG)							
OMG1 NK	0.51	3.77	-	5.77	1.15	17.58	3.96
OMG2 NK	0.09	0.11	-	1.5	0.26	4.90	-
OMG3 NK	1.57	0.61	-	3.43	0.99	8.81	2.60
NPK'li sıvı organomineral gübreler (OMG)							
OMG1 NPK	10.4	0.10	-	3.37	5.6	1.13	-
OMG2 NPK	6.89	0.09	-	5.97	4.25	2.00	3.52
OMG3 NPK	0.09	0.11	-	1.50	0.26	4.90	-
OMG4 NPK	5.01	0.04	-	1.92	0.7	3.28	0.46
Bitkisel menşeli amino asit organik gübre (BMAAOG)							
BMAA OG1	1.58	0.08	-	1.27	1.32	2.75	1.16
BMAA OG2	3.79	0.03	-	0.15	1.27	0.85	0.82
BMAA OG3	0.39	0.12	-	7.45	1.08	3.53	1.23
Özel gübreler							
Katkılı sıvı deniz yosunu organik	1.77	0.02	-	0.40	1.11	8.13	0.27
Organik toprak düzenleyiciler (OTD)							
OTD1	2.14	0.12	-	1.24	1.18	10.45	-
OTD2	-	0.10	-	0.61	-	0.44	-
Organik Gübreler (OG)							
OG1	0.80	-	-	0.75	0.85	0.35	-
OG2	-	2.89	-	10.09	0.83	22.47	3.55
OG3	1.32	0.71	-	20.93	1.26	2.88	0.73
OG4	1.86	-	-	0.31	-	0.05	0.85
OG5	2.80	0.14	-	1.78	-	7.6	-
Tek bitki besinli sıvı gübreler (TBSG)							
TBSG1	0.40	0.02	-	0.15	7.02	0.71	0.87
TBSG2	0.42	-	-	53.94	0.61	30.84	0.34
TBSG3	-	0.06	-	0.36	-	0.38	0.4
NP gübre çözeltisi (NPGÇ)							
NPGÇ1	1.76	-	-	4.00	0.75	2.56	-
NPGÇ2	1.54	17.02	-	232.2	3.5	0.01	0.33
NK gübre çözeltisi (NKGÇ)							
NKGÇ1							
NPK gübre süspansiyonu (NPKGS)							
NPKGS1	-	0.02	-	61.89	1.22	58.56	-
NPKGS2	-	0.07	0.06 (0.05*)	2.54	0.35	14.94	0.45
NPKGS3	1.53	0.29	0.06 (0.008*)	3.72	1.19	3.41	-
NPKGS4	4.91	0.96	-	5.82	1.01	3.62	1.67
NPKGS5	22.83	0.26	-	2.89	1.05	8.29	0.71
NPKGS6	6.31	0.85	-	2.8	1.06	1.61	0.79
İkincil besin maddeli gübreler (İBMG)							
Mg	1.03	0.14	-	0.12	0.87	-	0.33
Ca	1.53	0.06	-	0.37	-	0.79	7.53
Mikro bitki besin maddesi içeren gübreler (MBBMG)							
MBBMG (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn)	17.05	-	-	73.67	8.37	52.71	65.49
Sadece bir mikro bitki besin maddesi içeren gübreler (SBBMG)							
SBBMG B	-	-	-	-	-	-	-
SBBMG Cu	3.12	-	-	-	-	-	-
SBBMG Zn	0.31	-	-	-	-	-	-

Gübrelerden 6 adedi As içermemektedir. Diğer örneklerdeki As miktarı 0.09-22.83 mg/kg arasında değişmektedir. Çin ve

Japonya'nın (MEP, 2002) uyguladığı sınır değerleri ve %20 suda çözülerek hazırlandığı var sayılan sıvı gübrelere göre

değerlendirildiğinde yapıldığında sadece 3 gübre örneğinin (OMG1NPK-MBBMG-NPKGS5) As miktarının yüksek olduğu söylenebilir. Bitkilerde ise As miktarı 0.009-1.7 mg/kg düzeyindedir. Kadmiyum içermeyen sıvı damla sulama gübre örneği adedi 8'dir. Diğer gübre örneklerindeki Cd miktarının 0.02-17.02 mg/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Çin ve Japonya'nın (MEP, 2002) katı gübrelere uyguladığı sınır değeri 20 mg/kg'dır. Bu değer sıvı gübre olarak değerlendirilecek olursa 2 mg/kg olarak dikkate alınabilir. Bu duruma göre 3 adet (OMG1 NK - OG2- NPGÇ2) gübre örneğinin Cd miktarı yüksek bulunmuştur. Topraklardaki Cd 0.01-1 mg/kg (Kubier ve ark., 2019) bitkilerdeki Cd miktarları ise 0.01-0.5 mg/kg arasında değişmektedir (Bergmann, 1992). Bizarro ve ark. (2008), Brezilya'da pazarlanan fosforlu gübrelerin Cd içeriği üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Brezilya'da kullanılan 19 adet fosforlu gübre örneğindeki Cd içeriğinin ve 2 adet ekstraksiyon metodunun (nitrik-perklorik, HNO₃-HClO₄ ve USEPA 3050B, HNO₂-H₂O₂) karşılaştırıldığı çalışmada. Gübre örneklerinin Cd içerikleri ICP-OES yöntemi ile belirlenmiştir. Gübre örneklerinin 6 adedinde 12 mg/kg'den fazla Cd'a rastlanırken bir adet örnekte mg/kg'den fazla Cd saptanmış, diğer gübre örneklerinde ise 3 mg/kg'den daha az Cd bulunmuştur. Otero vd. (2005) İspanya'da kullanılan 27 farklı tip gübrede yaptıkları çalışmada fosforitli gübrelere Cd, U ve As içerikleri yüksek olarak belirlenmiştir. Bu örneklerin toprakta zamanla birikim yapabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca U, As ve Cr gibi diğer elementler Cd'dan 5-10 kat daha fazladır; fakat bunlarla ilgili her hangi bir mevzuat bulunmamaktadır. Bu nedenle toprak ve çevre sağlığını koruyabilmek için gübre kompozisyonlarının düzenlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Polonya'da kullanılan mineral gübrelere ağır metal içeriklerinin karşılaştırılması ve gübrelere kaynaklarının belirlenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada, gübre analizlerinde referans yöntemler kullanımı ve fosfor içeren 29 gübre (2 süperfosfat ve

27 çok bileşenli gübre), 14 mineral gübre de dahil olmak üzere 44 mineral gübre örneğinde Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb ve Zn içerikleri belirlenmiştir. Azotlu gübrelere, 1 potasyum gübresinde sadece fosforlu ve çok bileşenli gübrelere önemli miktarda ağır metal tespit edilmiştir. Azotlu gübrelere ve potasyum gübresinde az miktarda Pb içeriği belirlenmiştir. Genellikle diğer metallerin sadece eser miktarları tespit edilmiştir. Fosforlu ve çok bileşenli gübreler grubunda Zn, Cr ve Ni yüksek miktarlarda bulunurken Hg ve Pb düşük miktarlarda bulunmuştur. Fosfor içeren gübrelere Cd, Cr ve Zn kaynağı fosforit hammaddesi iken, çok bileşenli gübrelere Ni öğütülmüş dolomitten gelmektedir. Analiz edilen gübre örneklerinin hiçbirinde izin verilen Cd (50 mg/kg), Pb (140 mg/kg) veya Hg (2 mg/kg) sınır değerleri aşılmamıştır (Gambus ve Wieczorek, 2012). Kobalt olduğu belirtilen 2 adet gübre örneğinde (NPKGS2-NPKGS3) Co bulunmakta ve içerikleri %0.06 olarak belirlenmiş olup, ilgili yönetmeliğin tolerans sınırları içerisinde. Diğer 36 adet gübre örneğinde ise Co belirlenmemiştir. Ağır metal olarak Cr içermeyen 3 adet sıvı damla sulama gübre örneği bulunmaktadır. Gübre örneklerinin Cr miktarları 0.15-232.2 mg/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Çin ve Japonya'nın (MEP, 2002) katı gübrelere uyguladığı sınır değeri Cr için 15 mg/kg'dir. Sıvı gübre örneği için bu değer 30 mg/kg olabilir. Bu değer üzerinden değerlendirme yapıldığında NPKGS1, NPGÇ2 ve TBSG2 gübrelere Cr miktarlarının yüksek olduğu söylenebilir. Topraklarda Cr 2-60 mg/kg arasında değişirken kirlenmiş topraklarda 4 g/kg'a çıkmaktadır (Yazılan, 2010). Bitkilerdeki Cr miktarı ise 0.1 mg/kg düzeyindedir (Bergman, 1992). Bizarro vd. (2008), Brezilya'da pazarlanan fosforlu gübrelerin Cd içeriği üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Brezilya'da kullanılan 19 adet fosforlu gübre örneğindeki Cd içeriğinin ve 2 adet ekstraksiyon metodunun (nitrik-perklorik, HNO₃-HClO₄ ve USEPA 3050B, HNO₂-H₂O₂) karşılaştırması yapılmıştır.

Gübre örneklerinin Cd içerikleri ICP-OES yöntemi ile belirlenmiş ve gübre örneklerinin 6 adedinde 12 mg/kg'den fazla Cd'a rastlanırken bir adet örnekte 43 mg/kg'den fazla Cd saptanmış, diğer gübre örneklerinde ise 3 mg/kg'den daha az Cd bulunmuştur. Kadmiyum ekstraksiyonunda kullanılan Nitroperklorik ve USEPA 3050B metotları arasında korelasyon belirgin olmakla birlikte ($r=0.985^{**}$), Cd miktarının 6.0 mg/kg'dan fazla olduğu örneklerde nitroperklorik metodu ile daha fazla Cd ekstrakte edilmiştir. Goncalves ve ark. (2008), fosforlu gübrelerin Cd içeriği konusunda yaptıkları çalışmalarında, 6 adet fosforlu gübre (2 adedi doğal, 2 adedi normal fosfat, 1 adedi triple ve 1 adedi de mono amonyum fosfat) kullanılmıştır. Denemelerde yulaf bitkisinin köklerinde ve yulafın filizlerinde Cd varlığı belirlenmiştir. Kadmiyum, miktarının fazla olduğu fosforlu gübrenin kullanılması bitkilerde kullanılan Cd miktarının artmasına neden olmuştur. Otera ve ark. (2005), İspanya'da kullanılan 27 adet farklı gübre çeşidinin kapsamlı bir kimyasal karakterizasyonu yaparak makro, mikro ve iz element miktarlarını belirlemiştir. Sonuçlar, fertigasyon için kullanılan kompoze gübrelerin ve yaprak gübrelerinin düşük ağır metal içeriğine sahip olduğunu, topraktan uygulama için kullanılan gübrelerin ise yüksek ağır metal içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Bazı gübrelerde maksimum değerde bulunan Cd konsantrasyonu nedeni ile toprakta uzun vadede birikimi olasıdır. Uranyum, As ve Cr gibi diğer elementler Cd'dan 10-50 kat daha yüksektir. Ancak buna ilişkin hiçbir yönetmelik bulunmamaktadır. Bu nedenle toprak ve suların korunmasını sağlamak için gübre içeriklerinin sınır değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Çizelge 1'de verilen 38 adet organomineral ve organik gübrenin yönetmeliğe göre yapılan sınıflandırılması göre incelendiğinde Çizelge 2'de NPKGS2 ve NPKGS3 gübrelerin dışındaki gübrelerde Co elementi belirlenmemiştir. NPKGS2 ve NPKGS3 gübrelerindeki Co içerikleri etiket

bilgisinde (%0.05, %0.008) belirtilen değerlerle uyumlu olarak belirlenmiştir. Hg içermeyen gübre adedi 9'dur. Yapılan analiz sonucunda Hg miktarları 0.26-8.37 arasında değiştiği saptanmıştır. Katı formda olan gübreler için Çin ve Japonya'nın (MEP, 2002) uyguladığı sınır değerleri (5 mg/kg) dikkate alındığında ve örneklerimizin sıvı formda olduğu düşünüldüğünde gübrelerin büyük çoğunluğunda Hg miktarları 1 mg/kg'den fazla olduğu ve bitkilerde Hg 0.05 mg/kg düzeyinde bulunduğu göz önüne alındığında toksik etki yapabileceği söylenebilir. Sıvı damla sulama gübre örneklerinin Ni miktarları 0.01-58.60 mg/kg arasında değişmektedir. Katı ve sıvı gübrelerde Ni elementi için herhangi bir tolerans değeri bulunmamaktadır. Bitkilerde bulunmuş miktarları ile bir değerlendirme yapılacak olursa, bitkilerde bitki türüne göre kuru madde de 0.1-0.5 mg/kg arasında değişen toksite değerleri bulunmaktadır (Aydemir ve İnce, 1988). İncelenen sıvı damla sulama gübrelerinin 9 adedinde 10 mg/kg'dan fazla Ni içeren gübre örneği bulunmaktadır. Bu gübre örneklerinin toksite yapabileceği düşünülebilir. Bünyesinde Pb içermeyen gübre örneği adedi 11'dir (Çizelge 2). Gübre örneklerinin Pb miktarları 0.27-65.49 arasında değişmektedir. Çin ve Japonya'nın (MEP, 2002) katı gübrelere uyguladığı sınır değeri 100 mg/kg dir. Sıvı gübre olarak değerlendirme yapıldığında bu sınır 20 mg/kg düzeyinde olması düşünüldüğünde gübre örneklerinden sadece 1 adedinde (MBBMG) bu sınırın üzerinde olduğu söylenebilir. Chen ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada ticari gübrelerde Cd, Pb içeriklerini incelemişler ve sonuçlar Çin Ulusal Standartları'nın ilgili limitlerine göre değerlendirilmiştir. Cd 0.02-6.56 mg/kg Pb 0.07-35.93 mg/kg olarak belirlenirken organik gübrelerde 0.75-459.89 mg/kg Cd, Cu ve Zn içerikleri tüm gübre örneklerinde yüksektir. Mengel ve Kirkby (1987), tarafından bitkilerin Pb içerikleri 2-500 mg/kg düzeyinde olduğu bildirilmiştir. Çığ ve ark. (2020) Buğday

samanı ve danelerindeki ağır metal içerikleri Pb, Cr ve Cd izin verilen sınırlar içerisinde belirlenirken Ni'de bazı lokasyonlarda limitlerin altında, bazı lokasyonlarda limit değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Sıvı gübrelerin ağır metal içeriklerinin uygunluğu konusunda herhangi bir sınır değeri olmamasına rağmen Çin ve Japonya'da üretilen ve kullanılan katı kimyevi gübreler için uygulanan sınır değerleri (MEP, 2002) dikkate alındığında sıvı gübrelerin hazırlanmasında kimyasal ve organiklerin %20 düzeyinde suda çözelti haline getirildiği varsayılarak değerlendirme yapıldığında olursa gübrelerin bir kısmında gerçekten çok yüksek düzeyde ağır metal olduğu görülmektedir. Çolak Esetlili (2021) ihlamurun yaprak ve çiçeklerinde yaptığı çalışmada kritik seviyede ağır metal belirlemiştir. 38 adet gübreden sadece 1 adedinde (SBBMG B) hiç ağır metal belirlenememiştir. Bu mikro element gübresinde sadece B elementi vardır. Üç adet gübre örneğinde (OMG1 NPK, MBBMG, NPKGS5) As içeriği 10 mg/kg'ın üzerinde bulunmuştur. İki adet gübre örneğinde (SBBMG Cu, SBBMG Zn) ise sadece As bulunmakta olup diğer ağır metaller yapılan analiz sonucunda belirlenememiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak, 38 adet gübre ağır metal içerikleri bakımından incelendiğinde 15 adet gübrenin kullanım bakımından tarım toprakları için sorun yaratmayacağı %60.53'nün ise uygun olmadığı belirlenmiştir. Bazı gübrelerin üretiminde atık materyallerin kullanıldığı bu nedenle toprak ve insan sağlığı açısından risk oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle tüm gübre çeşitlerinde ağır metaller ile ilgili sınır değerlerinin uluslararası standartlarla koordineli olarak belirlenip, gerekli yönetmeliklerle uygulanabilirliğinin sağlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Aydemir, O., İnce, F. 1988. Bitki Besleme, Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları, (2), 643-649.
- Bar Yosef, B. 1977. Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in sand dunes. Water, N.P distribution in the soil and uptake by plants. *Agron. J.* 69: 486-491.
- Bergman, W. 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer., New York.
- Bizarro, V.G., Meurer, E.J., Tatsch, F.R.P. 2008. Cadmium contents of phosphate fertilizers marketed in Brazil. *Ciencia Rura*, 38(1): 247-250.
- Chen, C.H., Lewin, J. 2009. Silicon as A Nutrient Element for *Equisteumarvense*. *Can J. Bot.*, 47: 125-131.
- Çığ, F., Sönmez, F., Erman, M. 2020. Determination of heavy metal content of wheat and cultivation areas in Van center and districts. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(1): 113-124.
- Çolak Esetlili, B. 2021. Micro nutrient and heavy metal contents of Linden leaves and flowers. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(3): 697-703.
- Gambus, F., Wiczorek, J. 2012. Pollution of fertilizers with heavy metals. *Ecological Chemistry And Engineering*, 19(4-5): 353-360.
- Goncalves, V.C., Meurer, E.J., Tatsch, F.R.P., Carvalho, S.A., Neto, O.A.D. 2008. Cadmium Bioavailability in Phosphate Fertilizers, *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 32: 2871-2875.
- Horwitz, W., Latimer, G.W. 2007. Official methods of analysis. AOAC International Suite 500, Revision 2, USA, Chapter 2:21, 29-34, 33, 42-52, 53-54, Chapter 11:1-2pp 5.
- Kubier, A., Wilkin, R. T., Pichler, T. 2019. Cadmium in soils and groundwater: A Review. *Applied Geochemistry* 108: 104388.

- Levis, B. N, J.M, Myers F.G Martin. 1979. Frequency and rate of fertilization with trickle irrigation for strawberries. J. Amar. Soc. Hort. Sci.102(4): 456-458.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern.
- Ministry of Environmental Protection, The People's Republic of China 2002. MEP National standards for organic-inorganic compound fertilizers (GB18877-2002), [online]. www.mep.gov.cn (Erişim tarihi: 10 Ocak 2022).
- Otero, N., Vitoria, L., Soler, A., Canals, A. 2005. Fertilizer characterisation: majör, trace and rare earth elements. Applied Geochemistry, 20(8): 1473-1488.
- Otera, N., Vitoria, L., Soler, A., Canals, A. 2005. Fertilizer characterisation: majör, trace and rare earth elements. Applied Geochemistry, 20(8): 1473-1488.
- Yazılan, S. 2010. Dilova organize sanayi bölgesi (Gebze-Kocaeli)'ndeki ağır metal kirliliğinin bitkiler üzerindeki etkisi. Biyoloji Anabilim dalı. Botanik Programı. Yüksek Lisans Tezi.