

## Doğu Anadolu'da Kullanılan Bazı Gübrelerin Doğal Radyoaktivite Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Gülçin BİLGİCİ CENGİZ<sup>1,\*</sup>, İlyas ÇAĞLAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 36100, Kars, Türkiye

<sup>2</sup>Kafkas Üniversitesi, Kafkas Üniversitesi Kazım Karabekir Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, 36100, Kars, Türkiye

Araştırma Makalesi  
Research Article

Fizik  
Physics

Geliş Tarihi/Received  
12.11.2019

Kabul Tarihi/Accepted  
07.12.2019

**Öz:** Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yaygın olarak kullanılan altı farklı gübre çeşidindeki <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K radyonüklidlerin spesifik aktiviteleri, NaI (Tl) gama ışını spektrometre sistemi ile ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları, çeşitli gübre örneklerindeki <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K için spesifik aktivitelerin ortalamalarının (aralıklarının) sırasıyla 19.6 (3.9 - 32.9), 30.3 (11.4-39.9) ve 664.6 (42.6 - 3481.8) Bq kg<sup>-1</sup> olduğunu göstermiştir. Türkiye'de kullanılan gübrelerde ölçülen doğal radyonüklidlerin ortalama değerleri, diğer bazı ülkelerde bildirilen değerler arasındadır. Bu çalışma, kimyasal gübrelerin düzenli tarımsal kullanımına bağlı olarak, halkın radyasyona maruz kalma seviyesinin belirlenmesi için temel veriler olarak faydalı olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel radyoaktivite, gama spektrometresi, kimyasal gübreler

## Determination of Natural Radioactivity Concentrations of Some Fertilizers Used in Eastern Anatolia of Turkey

**Abstract:** In the present work, the specific activities of <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K radionuclides in six different kinds of commonly used fertilizers in Eastern Anatolia of Turkey were measured by NaI(Tl) gamma-ray spectrometry system. The results of measurements showed that the mean (ranges) of specific activities for <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K in several fertilizers samples are 19.6 (3.9-32.9), 30.3 (11.4-39.9) and 664.6 (42.6-3481.8) Bq kg<sup>-1</sup>, respectively. Average values of the natural radionuclides measured in the fertilizers used in Turkey are within the range of values reported in several other countries. This study may be useful as basic data for determining the level of radiation exposure of the population due to the regular agricultural use of chemical fertilizers.

**Keywords:** Environmental radioactivity, gamma spectrometer, chemical fertilizers

### 1. GİRİŞ

Ülkemiz, dünyadaki kültür bitkilerinin yüzde 90'ından fazlasına ev sahipliği yapmaktadır. Farklı özelliklere ve iklim şartlarına sahip olan tarım alanlarımızdan yüksek ve

kaliteli ürün alınması, gübrenin toprağa uygulanmasıyla mümkün olur. Gübreler, bitki büyümesi için temel elementler olan nitrojen (N), fosfor (P) ve potasyum (K) elementlerinden oluşur (UNSCEAR, 2000). Bazı gübrelerin üretiminde kullanılan hammadde, çeşitli miktarlarda doğal radyoaktif element ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$ ) içeren fosfat cevheridir. Bu nedenle, topraktaki doğal radyoaktivite değeri, radyoaktivite kaynağı olan gübrenin yaygın kullanımı nedeniyle kullanıldığı topraklarda bir yerden diğerine göre değişir (Boukhenfouf and Boucenna, 2011; Jibiri and Fasaie, 2012). Ayrıca, gübrelerin yaygın kullanımı, topraklarda ya da yeraltı suyunda bulunan radyonüklidlerin miktarında artışlara sebep olur. İnsanlar, tükettikleri içme suyu ve bu topraklarda üretilen besinler nedeniyle bu radyonüklidlerden kaynaklanacak radyolojik etkilerine maruz kalabilirler (Marovic and Sencar, 1995). Kemik dokusunda biriktirildiğinde  $^{226}\text{Ra}$ , uzun yıllar boyunca insan iskeletinin sürekli ışınlaması yoluyla biyolojik hasara neden olma potansiyeline sahiptir ve kemik kanserine neden olabilir (Khater and AL-Sewaidan, 2008)

Fosfatlı gübrelerin tozunun doğrudan solunması, gübre üreten fabrika çalışanlarını ve tarım alanlarındaki çiftçileri etkileyebilir (Pfister et al, 1976; Scholten and Timmermans, 1996; Ghosh et al, 2008). Fabrika çalışanları ve tarımda gübre kullanan kişiler,  $^{238}\text{U}$  serisinin,  $^{232}\text{Th}$  serisinin ve  $^{40}\text{K}$ 'nın radyonüklidlerinden yayılan gama radyasyonuna (harici maruz kalma) ve alfa parçacıklarına (dahili maruz kalma) maruz kalmaktadır. Harici maruz kalma doğrudan  $\gamma$ -ışınları ile meydana gelirken, dahili maruz kalma, radonun ve bozunum ürünlerinin solunmasından kaynaklanan  $\alpha$ -parçacıkları tarafından meydana gelir. Sonuç olarak  $\alpha$ -partikül dozu doğrudan bronşiyal dokulara iletilir ve bu da radyojenik akciğer kanseri için bir potansiyel oluşturur (Hassan et al, 2017; Iwaoka et al, 2013).

Bu nedenle gübrelerden salınan radyasyon, önemli seviyelere maruz kalan bireylerde kansere neden olma potansiyeline sahiptir, böylece gübrelerdeki doğal radyoaktivitenin izlenmesi radyasyondan korunma açısından önem taşımaktadır (Hassan et al, 2009).

Çalışmanın amacı, Türkiye'de kullanılan kimyasal gübrelerdeki doğal radyonüklidlerin seviyesini belirlemek ve kimyasal gübrelerin kullanımının insan sağlığı üzerindeki etkisini belirlemektir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Türkiye'de yaygın olarak kullanılan altı farklı gübre çeşidinden 30 adet gübre örnekleri Kars şehrindeki gübre satıcılarından toplanmıştır. Üretici firmaların talimatlarına göre, Tablo 1'de incelenen gübre örneklerinin kimyasal bileşimi ve bu gübrelerin kullanım amaçları verilmiştir. Numuneler bir hafta süreyle tepsilerde açık havada kurutuldu ve daha sonra

laboratuvarında 2 ila 4 saat süreyle 105 °C ( $\pm 5$  °C) sıcaklıkta fırında kurutuldu. Fırınlanmış numuneler daha sonra bir öğütücü ile ince toz haline getirildi. Plastik silindirik kaplar içerisine konularak net ağırlıkları belirlendi. Kaplara konulan örneklerin,  $^{226}\text{Ra}$ 'nın ürün nüklidleri ile radyoaktif dengeye gelmesi için silikon bant ile hermetik sızdırmazlıkları sağlanarak ölçümden önce 45 gün süreyle bekletildi. Böylece  $^{222}\text{Rn}$  (3.82gün) ve  $^{220}\text{Rn}$  (55.6s)'un kendinden sonraki kısa yarı ömürlü nüklidlerle radyoaktif dengesi sağlandı (Hamby and Tynkbekov, 2000).

$^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklidlerinin gama spektrometrik analizleri, Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Radyasyon Ölçüm Laboratuvarında, 3'' $\times$ 3'' NaI(Tl) sintilasyon dedektörü ve ScintivisionTM-32(A35-B32) bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Dedektörün taban ve yan yüzeylerinde, yapı malzemeleri ve çevredeki radyasyonun katkısını en aza indirmek için 5 cm kalınlığında kurşun tabakaları kullanılmıştır. Enerji kalibrasyonu ve gama spektrometresinin nispi verimlilik kalibrasyonu standart kalibrasyon malzemesi (IAEA-375) kullanılarak belirlendi (Altitzoglou and Bohnstedt, 2016). Aktivite konsantrasyonlarının hesabı için, çeşitli enerjilerdeki karşılık gelen fotopikler dikkate alınarak, her bir fotopikin altında kalan alanlar seçilmiştir. Net pik alanı hesaplanırken dışarıdan gelecek katkıların hesaplanması için, sistemi değiştirmeden aynı zaman aralığında dedektörde örnek olmadan doğal fon ölçümü yapılmıştır. Arka plan ve numunelerin aktivitesini belirlemek için 86400 saniye süreyle sayım yapılmıştır.

$^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonunun hesaplanması için 1460 keV gama piki analiz edilmiştir.  $^{226}\text{Ra}$  konsantrasyonu,  $^{214}\text{Bi}$ 'den 609, 1120 ve 1764,5 keV gama ışınlarının ölçülmesi ile tespit edilirken,  $^{208}\text{Tl}$ 'den 583 ve 2614,5 keV'deki gama ışınları ise  $^{232}\text{Th}$ 'nin aktivite konsantrasyonunun belirlenmesi için kullanılmıştır.

Bu radyonüklidlerin spesifik aktivite konsantrasyonu ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) aşağıdaki denklem (1) kullanılarak hesaplandı (Singh et al, 2009):

$$A(E) = \frac{S(E)}{T_g W_g P(E) \varepsilon} \quad (1)$$

S (E), arka plan çıkarıldıktan sonra tam enerji zirvesinin altındaki gama sayım hızıdır,  $T_g$ , saniye cinsinden ölçüm süresi,  $W_g$  net kuru numune ağırlığı (kg),  $\varepsilon$  mutlak verimlilik ve P(E) ilgilenilen radyonüklidlerin her biri için gama ışını emisyon olasılığıdır.

**Tablo 1.** İncelenen gübre örneklerinin kimyasal bileşimi ve kullanım amaçları

Numune Kodu	Numune Adı	Bileşimi	Kullanım Amacı
N1	Amonyum Sülfat (AS)	%21 N-%24 S	Meyve ve sebze gibi bitkilerde ekim yapılmadan önce bitkilerin kükürt ihtiyacını karşılamak için taban gübresi olarak kullanılır.
N2	Süper Fosfat (NP)	%20 N- %20 NH <sub>4</sub> -N-%20 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Tahıl, sebze ve meyve yetiştirilen potasyum bakımından zengin ancak fosfor bakımından fakir olan topraklarda kullanılır.
N3	Kompozit (NPK)	%15 N-%15 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -%15 K <sub>2</sub> O	Bitkilerin don ve soğuklara karşı dayanıklılığını ve bitkinin hastalık karşı direncini arttırmak için kullanılır.
N4	Diamonyum Fosfat (DAP)	%18 N-%18 NH <sub>4</sub> -N-%46 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fosfor eksikliği olan topraklarda yetiştirilen bitkilerin kök gelişimini sağlamak için kullanılır.
N5	Kalsiyum Amonyum Nitrat (CAN)	%26 N-%13 NH <sub>4</sub> -N-%13 NO <sub>3</sub> -N	Bitkilerin sulanması sırasında bitkinin ihtiyaç duyduğu azotun sağlanması için üst gübre olarak kullanılır.
N6	Üre	%46 NH <sub>2</sub> -N	Bitkilerin boyunun uzaması ve köklerinin gelişimi için taban ve üst gübresi olarak kullanılır.

### 3. BULGULAR

Türkiye'de yaygın olarak kullanılan gübre örneklerinde <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K'nın spesifik aktiviteleri Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi, gübre örneklerinde <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K radyonüklidlerinin ortalama aktiviteleri sırasıyla, 19.61±3.3 Bqkg<sup>-1</sup>, 30.26±5.3 Bqkg<sup>-1</sup> ve 664.64±7.8 Bqkg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Elde ettiğimiz bu değerleri UNSCEAR tarafından rapor edilen dünya ortalama değerleri ile kıyasladığımızda <sup>226</sup>Ra ve <sup>232</sup>Th radyonüklidlerinin ortalama aktivite değerlerinin sırasıyla, dünya ortalaması olan 41 Bqkg<sup>-1</sup> ve 52.2 Bqkg<sup>-1</sup> değerlerinden daha düşük olduğu bulunmuştur. <sup>40</sup>K radyonüklidinin ortama değerinin ise, 230 Bqkg<sup>-1</sup> değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür (UNSCEAR, 1983).

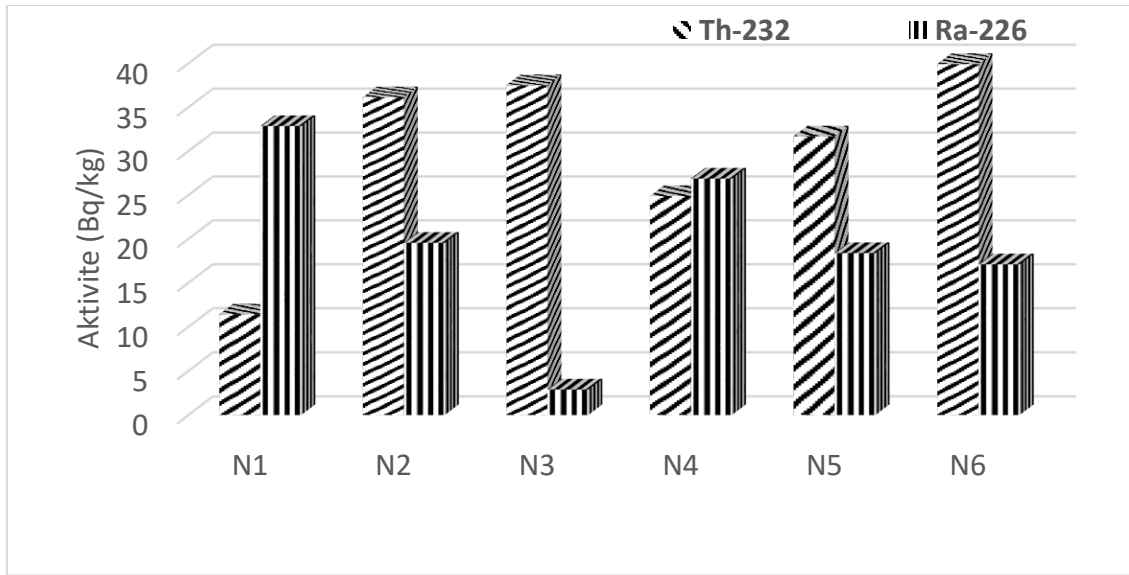
Çalışılan gübre örneklerinde en düşük <sup>226</sup>Ra ve <sup>232</sup>Th aktivitesi sırasıyla, Kompozit (NPK) ve Amonyum Sülfat örneklerinde (<sup>226</sup>Ra için 2.90±1.3 Bqkg<sup>-1</sup> ve <sup>232</sup>Th için 11.41±3.9 Bqkg<sup>-1</sup> olarak) ölçülmüştür. En yüksek <sup>226</sup>Ra ve <sup>232</sup>Th aktivitesi ise sırası ile Amonyum Sülfat ( 32.86±2.8 Bqkg<sup>-1</sup>) ve Urea'da ( 39.93±6.3 Bqkg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Toprağın sık ve

gereğinden fazla gübrelenmesi, toprakta  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  radyonüklidlerin birikmesine neden olabilir. Bu nedenle, yüksek radyoaktivite sergileyen gübre miktarının azaltılması ve önlemlerle kullanılması gerekmektedir.

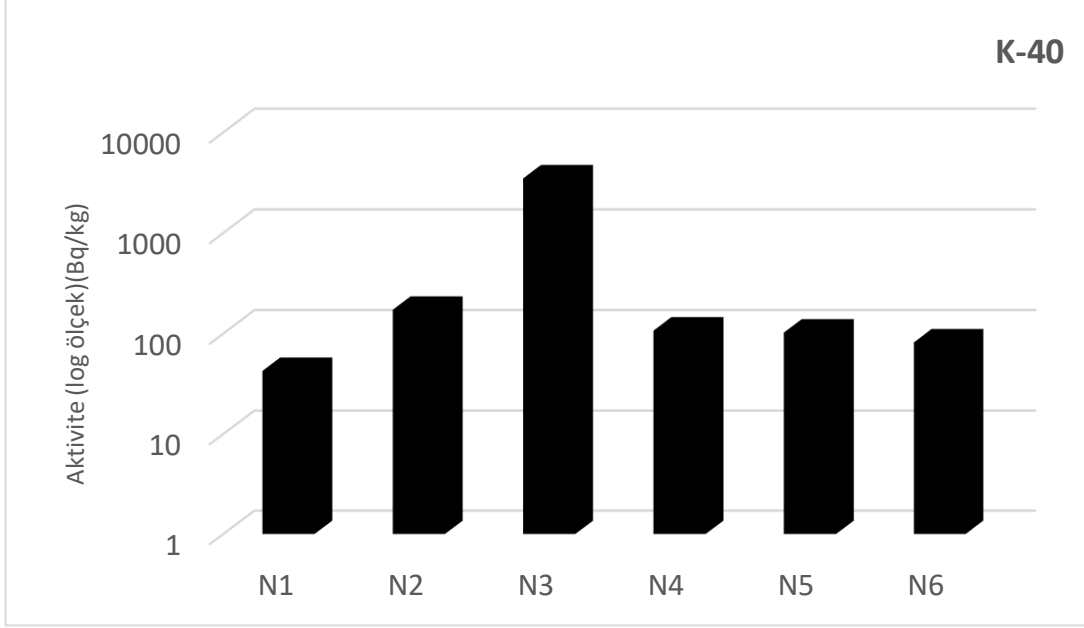
$^{40}\text{K}$  için en yüksek aktivite Kompozit (NPK)'de ( $3481.79 \pm 26.1 \text{ Bqkg}^{-1}$ ), en düşük aktivite Amonyum Sülfat'da ( $42.55 \pm 2.2 \text{ Bqkg}^{-1}$ ) ölçülmüştür.

**Tablo 2.** Çalışılan gübre numunelerindeki  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklidlerinin spesifik aktiviteleri ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ).

Numune kodu	Aktivite ( $\text{Bqkg}^{-1}$ )		
	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$
N1	$32.86 \pm 2.8$	$11.41 \pm 3.9$	$42.55 \pm 2.2$
N2	$19.56 \pm 3.6$	$36.14 \pm 5.9$	$172.43 \pm 6.5$
N3	$2.90 \pm 1.3$	$37.53 \pm 6.3$	$3481.79 \pm 26.1$
N4	$26.87 \pm 3.1$	$24.88 \pm 4.9$	$107.08 \pm 4.2$
N5	$18.39 \pm 2.8$	$31.68 \pm 4.6$	$102.29 \pm 4.0$
N6	$17.10 \pm 3.8$	$39.93 \pm 6.3$	$81.73 \pm 3.8$
Ort.	$19.61 \pm 3.3$	$30.26 \pm 5.3$	$664.64 \pm 7.8$



**Şekil 1.** İncelenen gübrelerde  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  radyonüklidlerinin ortalama spesifik aktiviteleri ( $\text{Bqkg}^{-1}$ ).



Şekil 2. İncelenen gübrelerde  $^{40}\text{K}$  radyonüklidinin ortalama spesifik aktivitesi (Bqkg<sup>-1</sup>).

Tablo 3’de incelenen gübre örneklerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklidlerinin ortalama aktivite konsantrasyonları daha önce değişik ülkelerde bazı araştırmacıların aynı gübre çeşitlerindeki numuneler için buldukları sonuçlarla kıyaslanmıştır. Bu çalışmada bulunan ortalama aktivite değerleri, daha önce bildirilmiş olan değerlerle uyumludur.

Fosfatlı gübrelerde doğal radyonüklidlerin aktivitesini belirlemek üzere yapılan çalışmalarda  $^{226}\text{Ra}$ , ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklidlerinin ortalama aktivite konsantrasyonlarının Finlandiya’da Mustonen (1985) tarafından sırasıyla, 54 Bqkg<sup>-1</sup> ve 3200 Bqkg<sup>-1</sup> olarak rapor edilirken, USA’da Guimond ve Hardin (1989) tarafından ise sırasıyla, 780 Bqkg<sup>-1</sup> ve 200 Bq kg<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir. Bu rapor edilen değerler, bu çalışmada fosfat içeren gübrelerdeki aynı radyonüklidlerin ortalama aktivite değerlerinden ( 26.87±3.1 Bq kg<sup>-1</sup> ve 107.08±4.2 Bq kg<sup>-1</sup>) oldukça yüksektir (Mustonen (1985); Guimond and Hardin (1989)).

Tespitlerimize göre NPK gübre çeşidindeki  $^{226}\text{Ra}$  radyonüklidinin ortalama aktivite değeri İtalya ve Suudi Arabistan ortalamalarından daha düşük,  $^{232}\text{Th}$  radyonüklidinin ortalama aktivite değerinin ise her iki ülke ortalamalarından daha yüksek olduğu görülmektedir (Righi et al. (2005); Khater and Sewaidan (2008)).

**Tablo 3.** İncelenen gübre numunelerindeki  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklidlerinin aktivite konsantrasyonlarının literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması( $\text{Bq kg}^{-1}$ ).

Ülke	Gübre adı	Aktivite konsantrasyonları ( $\text{Bqkg}^{-1}$ )			Referans
		$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	
Mısır	Fosfat	301	24	3	Hussein (1994)
Finlandiya		54	11	3200	Mustonen (1985)
USA		780	49	200	Guimond and Hardin (1989)
Türkiye		$26.87\pm 3.1$	$24.88\pm 4.9$	$107.08\pm 4.2$	Bu çalışma
İtalya	NPK	120	3.5	4000	Righi et al. (2005)
Suudi Arabistan		75	23	2059	Khater and Sewaidan (2008)
Türkiye		$2.90\pm 1.3$	$37.53\pm 6.3$	$3481.79\pm 26.1$	Bu çalışma
Mısır	Amonyum	$0.52\pm 0.03$		$4.96\pm 1.04$	Saleh (2007)
Türkiye	nitrat	$18.39\pm 2.8$	$31.68\pm 4.6$	$102.3\pm 4.0$	Bu çalışma
Mısır	Üre			$8.12\pm 2.57$	Saleh (2007)
Irak		–	–	–	Hussain (2011)
Bangladeş		$5.4\pm 1.5$	$3.4\pm 1.7$	$7.9\pm 2.4$	Alam (1997)
Türkiye		$17.10\pm 3.8$	$39.93\pm 6.3$	$81.73\pm 3.8$	Bu çalışma

Tablo 3’de görüleceği gibi amonyum nitrat ve üre gübre numunelerindeki  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklidlerinin rapor edilmiş ortalama aktivite konsantrasyonlarının, aynı gübre çeşitleri için bu çalışmada bulunan sonuçlardan oldukça düşük olduğu bulunmuştur. Türkiye’de bitkilerin sulanması sırasında bitkinin ihtiyaç duyduğu azotun bitkiye dışarıdan takviyesi için kullanılan amonyum nitrat gübresine ait  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklidlerinin aktivite değerlerinin, Mısır’da Saleh (2007) tarafından aynı tür gübre çeşidinde ve aynı doğal radyonüklidlere ait hesapladığı aktivite değerlerine göre yaklaşık 20 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (Saleh, 2007). Alam et al. (1997) tarafından Bangladeş’te kullanılan üre gübrelerinin aktivitesi gama ışın spektrometre tekniği ile ölçülmüş ve  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklidlerine ait konsantrasyonlar sırasıyla,  $5.4\pm 1.5$ ,  $3.4\pm 1.7$  ve  $7.9\pm 2.4$   $\text{Bq kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Alam et al., 1997). Ayrıca Irak’ta Hussain et al (2011) tarafından yapılan çalışmada, üre gübre çeşidinin yapımında kullanılan toprak cevherlerinin doğal radyonüklidleri içermemesinden dolayı, inceledikleri üre gübrelerinde herhangi bir aktivite ölçememişlerdir (Hussain et al., 2011).

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye'de kullanılan gübre markalarında ölçülen üç doğal radyonüklidin ortalama değerleri, diğer bazı ülkelerde bildirilen değerler arasındadır.

Gübrelerin üretimi için kullanılan ham maddelerin alındığı yerlerdeki jeolojik farklılıklar, üretim yapan gübre fabrikalarındaki farklı üretim yöntemleri gibi nedenlerden dolayı incelenen gübrelerin aktivite konsantrasyon aralıkları değişmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, radyasyondan korunma ile ilgili kural ve düzenlemelerin oluşturulmasında ve uygun otoritelerce gübre kullanımına yönelik çalışmalarda standartlar ve kılavuzlar geliştirilmesinde yararlı olabilecek başlangıç değerleri sağlar.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kafkas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP 2017-FM-25) tarafından finansal olarak desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- Alam, M. N., Chowdhury, M. I., Kamal, M., Chose, S., Banu, H., & Chakraborty, D. (1997). Radioactivity in Chemical Fertilizers Used in Bangladesh. *Applied Radiation and Isotopes*, 48(8), 1165-1168.
- Altitzoglou T., Bohnstedt A. (2016). Characterization of the IAEA-375 soil reference material for radioactivity. *Applied Radiation and Isotopes*, 109, 118-121
- Boukhenfouf W., Boucenna A. (2011). The radioactivity measurements in soils and fertilizers using gamma spectrometry technique. *Journal of Environmental Radioactivity*, 102, 336-339
- Ghosh, D., Deb, A., Bera, S., Sengupta, R., Patra, K.K. (2008). Measurement of natural radioactivity in chemical fertilizer and agricultural soil: evidence of high alpha activity. *Environmental Geochemistry and Health*, 30 (1), 79-86.
- Guimond R.J., Hardin J.M. (1989). Radioactivity released from phosphate containing fertilizers and from gypsum *Radiation Physics and Chemistry*, 34, 309-315
- Hamby D.M., Tynkbekov A.K. (2000). Uranium, thorium and potassium in soils along the shore lake Issyk-Kyol in the Kyrghyz Republic, *Environ, Monitoring Assessment*, 73, 101-108
- Hassan N.M., Hosoda M., Ishikawaetal T. (2009). Radon migration process and its influence factors; review. *Japanese Journal of Health Physics*, 44(2), 218-231
- Hassan N.M., Mansour N.A., Fayez-Hassan M., Fares S. (2017). Assessment of radiation hazards due to exposure to radionuclides in marble and ceramic commonly used as decorative building materials in Egypt. *Indoor and Built Environment*, 26(3), 317-326
- Hussain, R., Hussain, H. (2011). Investigation the Natural Radioactivity in Local and Imported Chemical Fertilizers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(4), 777-782
- Hussein E.M. (1994). Radioactivity of phosphate ore, super-phosphate and phospho-gypsum in Abu-Zaabal phosphate plant, *Egypt Journal of Health Physics*, 67, 280-283



- Iwaoka K., Tabe H., Yonehara H., (2013). Natural radioactivity of bedrock bath instruments and hot spring instruments in Japan, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 295 (2), 817–821
- Jibiri N.N., Fasae K.P. (2012). Activity concentrations of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in brands of fertilisers used in Nigeria. *Radiation Protection Dosimetry*, 148 (1), 132–137
- Khater A.E.M., Al-Sewaidan H.A. (2008), Radiation exposure due to agricultural uses of phosphate fertilizers. *Radiation Measurements* 10.1016/j.radmeas.2008.04.084
- Marovic G., Sencar J. (1995).  $^{226}\text{Ra}$  and possible water contamination due to phosphate fertilizer production, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry Letters*, 200 (1), 9–18
- Mustonen R. (1985). Radioactivity of fertilizers in Finland. *Science of the Total Environment*, 45, 127-134
- Pfister H., Philipp G., Pauly H. (1976). Population dose from natural radionuclides in phosphate fertilizers. *Radiation and Environmental Biophysics*. 13 (3), 247-261
- Righi S., Luciallib P., Bruzzia L. (2005). Health and environmental impacts of a fertilizer plant-part I: assessment of radioactive pollution *Journal of Environmental Radioactivity*, 82 (2), 167-182
- Saleh, I., Hafez, A., Elanany, N., Motaweh, H., Naim, M. (2007). Radiological Study on Soils, Foodstuff and Fertilizers in the Alexandria Region, Egypt. *Turkish J. Eng. Env. Sci.*(31), 9–17.
- Scholten, L.C., Timmermans, C.W.M. (1996), Natural radioactivity in phosphate fertilizers. *Fertility Science and Research*, 43, 103-107.
- Singh, J., Singh, H., Singh, S., Bajwa, B.S., Sonkawade, R.G. (2009). Comparative study of natural radioactivity levels in soil samples from the Upper Siwaliks and Punjab, India using gamma-ray spectrometry. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 94-98.
- UNSCEAR, (1983), Exposure from Natural Sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to General Assembly, United Nations, New York, USA.
- UNSCEAR (2000). Exposures from natural radiation sources. United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation Report to the general assembly, Annex B: United Nations, New York, USA.