

## Kireçli Bir Toprakta Yetiştirilen Nohut ve Buğdayın Gelişimi ve Mineral Beslenmesi Üzerine Termik Santral Uçucu Külünün Etkisi

İbrahim ERDAL\* Melahat ÖZKUL Gamze YAVUZ  
Zeliha KÜÇÜKYUMUK

\* Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta  
\*Yazışma yazarı: ibrahimerdal@sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 30.04.2012, Yayına kabul tarihi:03.12.2012

**Özet:** Bu çalışmada, Kütahya Seyit Ömer termik santralinden elde edilen uçucu külün, kireçli bir toprakta yetiştirilen buğday ve nohut bitkilerinin gelişimleriyle, besin elementi içeriklerine etkisi incelenmiştir. Araştırma sonunda, düşük dozlarda yapılan uçucu kül uygulaması bitkilerin gelişimlerini önemli derecede artırmış, uygulama dozlarının artmasıyla kuru ağırlık değerleri düşmüştür. Baca külü uygulamasıyla bitkilerin K, Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri artmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Baca külü, bitki besin elementleri, bitki gelişimi, termik santral

### Effect of Thermal Reactor Fly Ash on Growth and Nutrient Concentrations of Chickpea and Wheat Plants Grown on a Calcereous Soil

**Abstract:** In this study, it was aimed to determine the effect of fly ash, obtained from Kütahya Seyit Ömer Thermal Reactor, on growth and nutrient concentrations of wheat and chickpea, grown on a calcareous soil. Results showed that lower doses of fly ash significantly increased plants growth but dry matter amount decreased with the increasing levels of fly ash. Fly ash applications led to increase of K, Fe, Cu, Zn and Mn concentrations in plants.

**Key words:** Fly ash, plant nutrients, plant growth, thermal reactor

### Giriş

Artan dünya nüfusu ve sanayileşmeye bağlı olarak çeşitli alanlarda ihtiyaç duyulan enerji talebi her geçen gün artmaktadır. Halen dünya enerji ihtiyacının % 90'ına yakın bir bölümü fosil yakıt kaynaklarından karşılanmaktadır (Karaca, 2001).

Kullanılan fosil yakıtlardan arta kalan uçucu kül gibi kalıntıların sorun oluşturmayacak bir şekilde bertaraf edilmesi, önemli bir çevre sorunu olarak karşımızda durmaktadır. Termik santrallerde öğütülmüş kömürün yüksek sıcaklıklarda yakılması sonucu baca gazlarıyla sürüklenen çok ince parçacıklara "uçucu kül" denmektedir.

Ülkemiz termik santralleri, her yıl 15 milyon tonun üzerinde uçucu kül ortaya

çıkarmakta ve bu da işletmeler için önemli stok ve çevre problemleri meydana getirmektedir. Yapılan bir çalışmada, her yıl termik santrallerden milyonlarca ton atığın çıktığı ve bunun ancak %20 lik bir kısmının değerlendirilebildiği geri kalan kısımlarının ise havuzlama veya karasal dolgu şeklinde biriktirildiği ifade edilmektedir (Şengül, 2002). Uçucu küller içi boşluklu ve boşluksuz camsal kürecikler, süngerimsi mineral parçacıklar ve yanmamış taneciklerden meydana gelir. Kimyasal yapılarında ise temel element olarak Si, Al, Ca, Fe ve S bulunur (Bentli ve ark., 2005).

Uçucu küller esas olarak alimüna silikatlardan ve bunlarla birlikte bulunabilen

az miktarda alkali, metal, ağır metal ve nadir toprak elementlerinden oluşur.

Termik santrallerden açığa çıkan bu küllerin inşaat sektöründe, özellikle beton ve çimento üretiminde değerlendirilmesi, yalıtım malzemelerinde katkı maddesi olarak kullanılması gibi çeşitli kullanım alanları bulunmakla birlikte ortaya çıkan uçucu kül miktarının çok fazla olması nedeniyle ilave kullanım alanlarının yaratılması yönündeki araştırmalar giderek önem kazanmaktadır. Uçucu küllerin tarımsal alanlarda toprak düzenleyici ve gübre kaynağı olarak belli oranlarda kullanılması fikri ve bu konuya yönelik çalışmalar giderek artmış ve bu atıkların değerlendirilebileceği farklı bir alan olarak önem kazanmıştır (Sharma et al., 2002, Pathan et al., 2003a, Pathan et al., 2003b). Bununla birlikte, içerdikleri ağır metal ve radyoaktiviteleri nedeniyle, toprak ve su kirliliğine yol açabileceği riskine karşı, uçucu külün tarım alanında kullanılmasında dikkatli olunması gerekliliği önemle vurgulanmıştır (Adriano et al., 2002). Uçucu küllerin içerdiği toprak alkalisi metaller nedeniyle özellikle düşük pH'lı topraklarda kireçleme materyali ve besin elementi kaynağı olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Wilson, 1999). Çimlerin gelişimi ve çeşitli toprak özelliklerine uçucu külün etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 0, 280, 560 ve 1120 t/ha oranında uygulanan külün çim bitkisini gelişim ve kalitesini etkilemediği buna karşılık toprağın su tutma kapasitesini artırdığı belirlenmiştir (Domy and Weber 2001). Yapılan bir diğer araştırmada 10-50 ton/ha uçucu kül uygulamalarının buğday, hardal, mercimek, pirinç ve mısır verimi üzerinde olumlu etki yaptığı ayrıca toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirdiği sonucuna varılmıştır (Kalra et al., 2003). Tuna ve Girgin (2005) tarafından yürütülen bir çalışmada düşük oranda kullanılan uçucu külün mısır bitkisinin büyüme parametreleri ve mineral beslenmesi üzerine olumlu etki yaptığı görülmüştür. Güneş ve ark., (1997), yapmış oldukları çalışmalarında, Ereğli demir çelik fabrikaları baca filtresi atığındaki demirden, yarfıstığı bitkisinin

yararlanması üzerine humik asitin etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonunda, özellikle humik asit ile birlikte uygulanan baca filtresi atığının bitkilerin aktif demir, toplam demir ve klorofil içeriklerini artırdığı sonucuna varılmıştır. Salatalık bitkisinin gelişmesi üzerine uçucu küllerin farklı oranlarının denendiği bir çalışmada, toprağa %10, 25 ve 50 oranlarında karıştırılan uçucu kül, bitki gelişimine olumlu etki yapmış; ayrıca verim, yaprak alanı ve fotosentetik pigmentleri de olumlu etkilemiştir (Ajaz and Tiyagi 2003).

Bu çalışmada, bertaraf edilmesi önemli bir çevresel sorun olarak görülen, bu nedenle farklı değerlendirme yolları aranan termik santral uçucu külünün, tarımsal amaçlı değerlendirilip değerlendirilemeyeceği, buğday ve nohut bitkileri kullanılarak test edilmeye çalışılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Süleyman Demirel Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait iklim odasında yürütülen denemede, Kütahya Seyit Ömer termik santralinden getirilmiş olan uçucu külün, kireçli bir toprakta yetiştirilen buğday (Kızıltan-91) ve nohut (Cevdet Bey) bitkilerinin gelişimleriyle, besin elementi içeriklerine etkisi incelenmiştir. Denemede kullanılan toprak ile uçucu kül'e ait bazı özellikler, Çizelge 1 ve Çizelge 2 de verilmiştir.

Denemede kullanılan toprak materyali, alkali karakterde olup, kireç içeriği çok fazla, organik madde içeriği orta düzeydedir.  $\text{NaHCO}_3$ 'ta ekstrakte edilebilen P içeriği yeterli, ekstrakte edilebilen K içeriği ise düşüktür. Toprağın, DTPA da ekstrakte edilen mikro elementlerden Mn ve Zn içerikleri yetersiz, Fe içeriği orta, Cu içeriği ise yeter seviyededir (Alpaslan ve ark, 1998).

Deneme, 3 kg toprak alan saksılarda dört tekrarlamalı olarak, tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Saksılara, 0, 250, 500 ve 1000 kg/da'a karşılık gelecek şekilde; 0, 1,5, 3, 6 ve 12 g/saksı termik santral uçucu külü uygulanmış olup, tohum ekiminden önce homojen bir şekilde karıştırılmıştır.

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of experimental soil

| pH<br>(1/2,5 su) | Bünye<br>Structure | Kireç<br>Lime<br>(%) | O. Madde<br>Org. Material<br>(%) | Ekstrakte edilebilir besin elementleri<br>Nutrients that can be extracted (mg/kg) |     |     |     |      |     |
|------------------|--------------------|----------------------|----------------------------------|---|-----|-----|-----|------|-----|
|                  |                    |                      |                                  | P   | K   | Fe  | Cu  | Zn   | Mn  |
| 8,1              | Killi-tın          | 25,5                 | 1,9                              | 12,5  | 125 | 3,1 | 1,0 | 0,37 | 3,0 |

Çizelge 2. Denemede kullanılan uçucu külün bazı kimyasal özellikleri

Table 2. Some chemical properties of fly ash used in the study

| SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Cu    | Mn  |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------|-----|
| %                |                                |                                |      |      |                  | mg/kg |     |
| 54,49            | 20,58                          | 9,27                           | 4,26 | 4,48 | 2,01             | 725   | 600 |

Temel gübreleme amacıyla ekimden önce 200 mg N /kg (Amonyum nitrat olarak), 100 mg P /kg (TSP olarak) ve 100 mg K /kg (Potasyum sülfat olarak) verilmiştir.

Üç aylık gelişme döneminden sonra hasat edilen bitki örnekleri, saf su ile yıkanıp temizlendikten sonra sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları kaydedilmiştir. Ögütülen bitki örneklerinde N, Kjeldahl metoduyla; P sarı renk yöntemine göre Spektrofotometrede (Shimadzu UV-1208 UV-Vis); K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonları ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresiyle (Varian, AA240 FS) ölçülmüştür (Kacar ve İnal 2010).

Denemede elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA)

teknikiyle analiz edilmiştir. Uygulamaların ortalamaları arasındaki farkların belirlenmesinde TUKEY testi kullanılmıştır.

### Bulgular

#### Uçucu kül uygulamasının nohut bitkisinin gelişimi ve besin elementi içeriğine etkileri

Nohut bitkisi yeşil aksam kuru ağırlığı, uçucu kül dozlarına bağlı olarak önemli derecede farklılık göstermiş ve bu fark istatistiksel anlamda da önemli bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Uçucu kül uygulamasının bütün dozlarında elde edilen kuru ağırlık miktarı, kontrole göre yüksek bulunmakla birlikte, artan dozlara bağlı olarak kuru ağırlık değerinin giderek azaldığı dikkati çekmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Uçucu kül uygulamasının nohut bitkisinin kuru ağırlığı (K.A.) ile makro besin elementi içeriklerine etkisi

Table 3. The effect of fly ash application on dry weight (D.W.) and macro nutrient content of chickpeas

| Doz (g/saksı)<br>Dose (g/pot) | K.A. (g/saksı)<br>D.W. (g/pot) | N    | P    | K    | Ca   | Mg   |
|-------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|
|                               |                                | %    |      |      |      |      |
| 0                             | 3,35c**                        | 3,82 | 0,32 | 2,38 | 2,52 | 0,25 |
| 1,5                           | 4,10a                          | 3,61 | 0,32 | 2,68 | 2,56 | 0,25 |
| 3                             | 3,82b                          | 4,11 | 0,30 | 2,55 | 2,57 | 0,25 |
| 6                             | 3,85b                          | 3,09 | 0,31 | 2,42 | 2,55 | 0,24 |
| 12                            | 3,43c                          | 3,49 | 0,29 | 2,31 | 2,67 | 0,25 |

\*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

\*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; The values shown within a column with same letter are not statistically significant.

Kontrol koşullarında 3,35 g/saksı olarak elde edilen nohut kuru ağırlığı, uygulamanın

en düşük dozunda %22'lik bir artışla 4,10 g/saksı değerine ulaşmış, 3 ve 6 g/saksı

dozlarında belirlenen artış yaklaşık % 15 civarında gerçekleşirken, en yüksek dozda elde edilen artış değeri sadece %2 olmuştur. Bitkinin N, P, K, Ca ve Mg içerikleri uygulamalardan etkilenmemiş olup, elde edilen değerler; N için %3,61-4,11, P için %0,29-0,32, K için %2,31-2,68, Ca için %2,52-2,67 ve Mg için %0,24-0,25 aralığında gerçekleşmiştir.

Uçucu kül uygulamasının nohut bitkisini Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerine etkisi Çizelge

4'te toplu olarak verilmiştir. Kontrol koşullarında 110 mg/kg olan Fe miktarı, 3 g/kg uçucu kül uygulamasında en yüksek değer olan 137,5 mg/kg' a ulaşmıştır. Bu durumda kontrol'e göre elde edilen Fe artışı, yaklaşık % 25 civarındadır. Kül dozunun artırılmasıyla elde edilen bitki Fe içerikleri azalmış ve elde edilen değerler, kontrol koşullarında elde edilen değerlerin altında olmuştur.

Çizelge 4. Uçucu kül uygulamasının nohut bitkisinin mikro besin elementi içeriklerine etkisi  
Table 4. The effect of fly ash application on micro nutrient content of chickpeas

| Doz (g/saksı)<br>Dose (g/pot) | Fe       | Cu     | Zn     | Mn      |
|-------------------------------|----------|--------|--------|---------|
|                               | mg/kg    |        |        |         |
| 0                             | 110,0b** | 7,15c* | 24,1b* | 86,9ab* |
| 1,5                           | 110,8b   | 10,6b  | 27,2ab | 76,6b   |
| 3                             | 137,5a   | 11,6b  | 24,9ab | 89,5a   |
| 6                             | 81,50c   | 13,7b  | 26,6ab | 80,4ab  |
| 12                            | 85,97c   | 17,4a  | 30,4a  | 81,8ab  |

\*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

\*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$ ; The values shown within a column with same letter are not statistically significant.

Dozlara bağlı olarak elde edilen Fe değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Nohudun Cu içeriği, artan kül dozlarına bağlı olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) bir şekilde artmıştır. Kontrol dozunda 7,15 mg/kg olan Cu değeri, en yüksek atık dozunda 17,4 mg/kg'a yükselmiştir. 1,5, 3 ve 6 g/saksı dozlarından elde edilen değerler istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bitki Zn içerikleri 24,1-30,4 mg/kg aralığında değişim göstermiştir. En düşük değer, baca külü uygulamasının yapılmadığı koşullarda elde edilirken, en yüksek değer maksimum atık dozundan elde edildiği görülmüştür. Diğer dozlardan elde edilen Zn değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bitki Mn konsantrasyonları, baca külü uygulamalarına bağlı olarak düzenli olmayan bir değişim göstermiştir. En yüksek Mn konsantrasyonuna (89,5 mg/kg), baca külü uygulamasının 3 g/saksı dozunda ulaşılırken, en düşük Mn değeri, 1,5 mg/saksı baca külü uygulamasında elde edilmiştir. Diğer

dozlardan elde edilen Mn değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

*Uçucu kül uygulamasının buğday bitkisinin gelişimi ve besin elementi içeriğine etkileri*

Termik santral uçucu külünün buğday bitkisinin kuru ağırlığı ile kimi makro besin elementi içeriklerine etkisi Çizelge 5'te verilmiştir. Uçucu kül uygulamasının buğday kuru ağırlığı üzerine olan etkisi önemli olmakla birlikte bu etki net olarak anlaşılamamıştır. En yüksek kuru ağırlık değerine (5,76 g/saksı), 3 g/saksı baca külü uygulamasında erişilmiş olmakla beraber, en düşük kuru ağırlık değeri (4,45 g/saksı), 6 g/saksı kül uygulamasında elde edilmiştir. Diğer dozlardan elde edilen kuru ağırlık değerleri arasında farklılık görülmemiştir. Uçucu kül uygulamalarına bağlı olarak buğday bitkisinde belirlenen N, P, Ca ve Mg konsantrasyonları sırasıyla; % 2,75-3,52, %0,30-0,40, %1,31-1,55 ve %0,15-0,16 arasında değişmiş, fakat uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık elde edilmemiştir.

Çizelge 5. Uçucu kül uygulamasının buğday bitkisinin kuru ağırlığı (K.A) ile makro besin elementi içeriklerine etkisi

Table 5. The effect of fly ash application on dry weight (D.W.) and macro nutrient content of wheat

| Doz (g/saksı)<br>Dose (g/pot) | K.A. (g/saksı)<br>D.W. (g/pot) | N    | P    | K       | Ca   | Mg   |
|-------------------------------|--------------------------------|------|------|---------|------|------|
|                               |                                | %    |      |         |      |      |
| 0                             | 5,08ab*                        | 3,20 | 0,30 | 4,54bc* | 1,31 | 0,15 |
| 1,5                           | 4,99ab                         | 2,84 | 0,33 | 5,03a   | 1,55 | 0,16 |
| 3                             | 5,76a                          | 2,87 | 0,40 | 4,22c   | 1,43 | 0,15 |
| 6                             | 4,45b                          | 2,75 | 0,39 | 4,94ab  | 1,49 | 0,15 |
| 12                            | 4,33b                          | 3,52 | 0,37 | 4,74ab  | 1,46 | 0,16 |

\*:  $P<0,05$ ; \*\*:  $P<0,01$ ; aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir

\*:  $P<0,05$ ; \*\*:  $P<0,01$ ; The values shown within a column with same letter are not statistically significant.

Buğday bitkisi Fe içerikleri uygulamalardan önemli derecede etkilenmiştir. Baca külü uygulamasıyla bitkinin Fe konsantrasyonu önemli derecede artmıştır. Kontrole göre en fazla artış (%72), uçucu kül uygulamasının en düşük dozundan elde edilirken, diğer dozlardan elde edilen Fe konsantrasyonu kontrol'e göre önemli, fakat kendi aralarında önemsiz bulunmuştur (Çizelge 6). Bitkinin Cu ve Zn konsantrasyonları da baca külü uygulamasından olumlu etkilenmiştir. Her

iki besin elementi için en düşük değer kontrol koşullarında elde edilmiştir. En yüksek Fe değeri, uygulamanın en düşük dozunda belirlenmiş, diğer dozlardan elde edilen değerler, istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Baca külü dozlarının bitki Cu içeriğine etkisi kontrole göre önemli olurken kendi aralarında benzer bulunmuştur. Buğday bitkisinin Mn içeriği baca külü uygulamalarından istatistiksel anlamda etkilenmemiştir (Çizelge 6)

Çizelge 6. Uçucu kül uygulamasının buğday bitkisinin mikro besin elementi içeriklerine etkisi

Table 6. The effect of fly ash application on micro nutrient content of wheat

| Doz (g/saksı)<br>Dose (g/pot) | Fe       | Cu      | Zn      | Mn    |
|-------------------------------|----------|---------|---------|-------|
|                               |          | mg/kg   |         |       |
| 0                             | 135,6c** | 22,5b** | 37,1ab* | 95,8  |
| 1,5                           | 233,1a   | 25,4a   | 46,8a   | 104,0 |
| 3                             | 182,4b   | 26,7a   | 44,3ab  | 97,8  |
| 6                             | 186,8b   | 27,3a   | 40,2ab  | 96,0  |
| 12                            | 184,3b   | 27,2a   | 42,6ab  | 98,9  |

\*:  $P<0,05$ ; \*\*:  $P<0,01$ ; aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir

\*:  $P<0,05$ ; \*\*:  $P<0,01$ ; The values shown within a column with same letter are not statistically significant.

## Tartışma

Her iki bitki denemesinden de anlaşılacağı gibi, bitki kuru ağırlıkları baca külü uygulamalarının düşük dozlarında artış göstermiş, daha sonra, nohutta kontrol

uygulamasına kadar, buğdayda ise kontrol uygulamasının da altında bir değere kadar düşüş göstermiştir. Önemli bir gelişme ölçütü olarak değerlendirilen bitki kuru

madde miktarlarındaki bu artışlar, daha önce yapılan çalışmalarda da gözlenmiş olup, bu durum, uçucu kül içerisinde bulunan bitki besin elementlerinin bitki gelişimini teşvik etmesi ve toprak düzenleyicisi olarak işlev görmesiyle ilişkilendirilmiştir (Güneş ve ark., 1997, Su and Wong 2002; Pathan et al., 2003b). Yapılan diğer çalışmalarda, baca külünde bulunan yüksek miktarlardaki iyonik formdaki kolay alınabilir K, Mg, Fe, Zn ve Ca gibi besin elementlerinin bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği belirtilerek, baca külünün, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine yaptığı olumlu etki sayesinde, bitki gelişiminin pozitif yönde etkilendiği vurgulanmıştır (Jala and Goyal, 2006; Jayasinghe and Tokashiki, 2012). Baca külü uygulamasıyla, bitkilerin K, Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları artmış olup bu durum, külde bulunan bu besin elementlerinin bitkiler tarafından alınmış olması ve yine külün toprağın kimi özelliklerini besin elementlerinin alınabilirliğini artıracak şekilde düzenlemiş olmasıyla ilişkilendirilebilir (Kalra et al., 1998; Matsi and Keramidis 1999; Gupta et al., 2002; Kumar and Sing 2003; Tuna ve Girgin 2005). Doz artımına bağlı olarak gözlenen ağırlık kayıplarının ise kül içerisinde bulunan ağır metallerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kül içeriğine ait değerlerin incelenmesinden de görüleceği üzere, uçucu kül yaklaşık % 11 civarında Al içermekte ve artan kül dozlarıyla toprağa 55-440 mg/kg aralığında  $Al_2O_3$  formunda Al verilmiş olmaktadır. Ağır metallerin bitkiye geçişi ve birikimiyle ilgili olarak yürütülen bir saksı denemesinde, düşük dozda uygulanan baca külünün bitki gelişimi ve verimi üzerinde yüksek doz uygulamalarına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir (Pandey, 2009).

Baca küllerinin özelliklerine ve bu özelliklere bağlı olarak tarımsal amaçlı kullanımlarına ilişkin yapılan bir çalışmada, baca küllerinin özelliklerinin, kullanılan kömürün kaynağına bağlı olarak çok değiştiği bildirilmiştir (Singh et al. 2010). Bu çalışmada, yüksek pH'lı küllerin kireçleme materyali olarak kullanılacakları belirtilirken, asidik karakter taşıyan küllerin topraktaki bazı

elementlerin toksik düzeylere ulaşmasına neden olabileceği ifade edilmiştir (Haynes, 2009). Denemede kullanılan külün büyük oranda asidik özellikli element içermesi, yüksek dozda uygulanması durumunda, olumsuzluklara neden olabileceği olasılığını güçlendirmektedir. Her ne kadar bu çalışmada kullanılan küldeki miktarı belirlenmemiş olsa da, uçucu küllerin içerisinde bulunan yüksek B konsantrasyonunun, bitki gelişimleri üzerine olumsuz etki yapabileceği ifade edilmektedir (Jayasinghe and Tokashiki, 2012). Benzer bir araştırmada, uçucu kül uygulamasıyla mısır bitkisi kuru madde miktarı azalmış, fakat bitkinin ağır metal içeriklerinin toksik düzeye ulaşmadığı ifade edilmiştir (Tuna ve Girgin 2005).

Yapılan araştırmalarda, bitkilerin uçucu küle karşı göstermiş oldukları hassasiyetlerin önemli varyasyon gösterdiği bildirilmiş olup, uçucu kül uygulamalarında bitkilerin bu hassasiyetlerinin de dikkate alınması gerektiği ifade edilmiştir (Haynes, 2009).

## Sonuç

Araştırma sonuçlarına göre, termik santral uçucu külü nohut ve buğday bitkilerinin gelişimiyle bazı besin elementi içeriklerini artırmıştır. Bu sonuçlara bakılarak, bu nitelikteki bir termik santral uçucu külünün tarımsal amaçlı kullanılabilmesi düşünülebilir. Fakat bu yargıyı güçlendirmek için, kullanılacak olan uçucu külün özelliğinin iyi bilinmesi, bitkilerin uçucu külde bulunan ağır metal içeriklerinden ne derecede etkilendiği belirlenmelidir.

## Kaynaklar

- Adriano, D.C., Weber J., Bolan N.S., Paramasivam S., Koo B.J. and Sajwan K.S. 2002. Effects of High Rates of Coal Fly Ash on Soil, Turfgrass, and Ground Water Quality. *Water Air and Soil Pollution*, 139 (1-4): 365-385.
- Ajaz, S. and Tiyagi S. 2003. Effect of Different Concentrations of Fly Ash on the Growth of Cucumber Plant, *Cucumis sativus*. *Archives of*

- Agronomy and Soil Science, 49 (4): 457-461.
- Alpaslan, M., Güneş A. and İnal A. 1998. Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Yayın No 1501, Ders Kitabı No 455.
- Bentli, İ., Uyanık, A.Ö., Demir, U. ve Şahbaz, O. 2005. Seyitömer Termik Santrali Uçucu Küllerinin Tuğla Katkı Hammaddesi Olarak Kullanımı. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, 09-12 Haziran 2005, İzmir, 385-389.
- Domy, C.A. and Weber J.T. 2001. Influence of Fly Ash on Soil Physical Properties and Turfgrass Establishment. Journal of Environmental Quality, 30, 596-601.
- Gupta, D.K., Rai U.N., Tripathi R.D. and Inouhe M. 2002. Impacts of Fly-Ash on Soil and Plant Responses. Journal of Plant Research, 115 (1122): 401-409.
- Güneş, A., Alpaslan M., İnal A., Samet H. ve Erdal, İ. 1997. Ereğli Demir Çelik Fabrikaları Baca Filtresi Atığındaki Demirden Yerfıstığı (*Arachis hypogea* L.) Bitkisinin Yararlanmasına Hümik Asitin Etkisi. Pamukkale Üniv. Müh. Bil. Dergisi. 3 (3); 371-375.
- Haynes, R.J. 2009. Reclamation and Revegetation of Fly Ash Disposal Sites-Challenges and Research Needs. Journal of Environmental Management, 90 (1): 43-53.
- Jala, S. and Goyal, D. 2006. Fly ash as a Soil Ameliorant for Improving Crop production- a Review. Bioresource Technology, 97: 1136-1147.
- Jayasinghe, G.Y. and Tokashiki, Y. 2012. Influence of Coal Fly Ash Pellet Aggregates on The Growth and Nutrient Composition of Brassica Campestris and Physicochemical Properties of Grey Soils in Okinawa, Japan, Journal of Plant Nutrition, 35(3): 453-470.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2010. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No: 1241.
- Kalra, N., Jain M.C., Joshi H.C., Chaudhary R., Kumar S., Pathak H., Sharma S.K., Kumar V., Kumar R., Harit R.C., Khan S.A. and Hussain M.Z. 2003. Soil Properties and Crop Productivity as Influenced by Fly Ash Incorporation in Soil. Environmental Monitoring and Assessment, 87: 93-109.
- Kalra, N., Jain, M.C., Joshi, H.C., Choudhary, R., Harit, R.C., Vatsa, B.K., Sharma, S.K. and Kumar, V. 1998. Fly Ash as a Soil Conditioner and Fertilizer. Bioresource Technology, 64 (3): 163-167.
- Karaca, A. 2001. Afşin-Elbistan Termik Santral Emisyonlarının Çevre Topraklarının Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (1): 95-102.
- Kumar, D. and Singh, B. 2003. The Use of Coal Fly Ash in Sodic Soil Reclamation. Land Degradation and Development, 14 (3): 285-299.
- Matsi, T. and Keramidas, V.Z. 1999. Fly Ash Application on Two Acid Soils And Its Effect on Soil Salinity, pH, B, P and on Rye grass Growth and Composition. Environmental Pollution, 104 (1): 107-112.
- Pandey, V.C., Abhilash, P.C., Upadhyay, R.N. and Tewari, D.D. 2009. Application of Fly Ash on the Growth Performance and Translocation of Toxic Heavy Metals within *Cajanus cajan* L.: Implication for Safe Utilization of Fly Ash for Agricultural Production. Journal of Hazardous Materials, 166: 255-259.
- Pathan, S.M., Aylmore, L.A.G. and Colmer, T.D. 2003a. Soil Properties and Turf Growth on a Sandy Soil Amended with Fly Ash. Plant and Soil, 256 (1): 103-114.
- Pathan, S.M., Aylmore, L.A.G. and Colmer, T.D. 2003b. Properties of Several Fly Ash Materials in Relation to Use as Soil Amendments. Journal of Environmental Quality, 32: 687-693.
- Sharma, S.K., Kalra, N. and Singh, G.R. 2002. Soil Physical and Chemical Properties as Influenced by Flyash Addition in Soil and Yield of Wheat.

- Journal of Scientific and Industrial Research, 61 (8): 617-620.
- Singh, R. P., Gupta, A. K., Ibrahim, M. H. and Mittal, A. K. 2010. Coal Fly Ash utilization in Agriculture: Its Potential Benefits and Risks. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, 9: 345-358.
- Su, D.C. and Wong, J.W.C. 2002. The Growth of Corn Seedlings in Alkaline Coal Fly Ash Stabilized Sewage Sludge. Water Air and Soil Pollution, 133 (1-4): 1-13.
- Şengül, Ü. 2002. Kangal Termik Santralinde Uçucu Kül Atımının Çevresel Etkileri. Ekoloji, 11: 21-24.
- Tuna, A.L. ve Girgin, A.R. 2005. Mısırdaki (Zea mays L.) Gelişme, Mineral Beslenme ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Yatağan Termik Santral Uçucu Küllerinin Etkisi. Ekoloji, 14 (57): 7-15.
- Wilson, N. 1999. Applying Coal Ash to Fields as a Fertilizer or Liming Agent Water/Land Application. Minnesota Pollution Control Agency, MPCA, Minnesota.