

Artan Dozdaki Biyokömür ve Solucan Gübresi Uygulamalarının Buğdayda ve Toprakta Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Ferit SÖNMEZ¹, Fatih ÇIĞ²

¹Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu, ²Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kezer Yerleşkesi, Siirt

¹<https://orcid.org/0000-0003-1437-4081>, ²<https://orcid.org/0000-0002-4042-0566>

✉: fatihcig@hotmail.com

ÖZET

Deneme Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesine ait iklim odasında yapılmıştır. Çalışmada artan dozlarda biyokömür ve solucan gübresi (%0, %5, %10 ve %20) kullanılmıştır. Deneme dört tekerrürlü ve tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Deneme sonunda kök üstü organ, kök ve toprak örneklerinde potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir, mangan, çinko ve bakır element analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda kök üstü organ, kök ve toprak örneklerinin besin elementi içeriği üzerine biyokömür ve solucan gübresi uygulamaları kontrole göre belirgin değişimlere neden olmuşlardır. Kontrol grubu bitkilerine göre bitki organlarında ve toprak besin elementi içeriklerinde en belirgin değişimler daha çok solucan gübresinin %5 (K ve Ca elementlerinde) ve %20 (Mg, Na, Fe, Mn, Zn ve Cu elementlerinde) uygulama dozlarında belirlenmiştir. Biyokömürün %20 uygulama dozunda solucan gübresi kadar artış sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak biyokömür iyi bir toprak düzenleyici ve organik gübre kaynağı olarak kullanılabilir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 23.01.2019

Kabul Tarihi : 18.04.2019

Anahtar Kelimeler

Biyokömür

Solucan gübresi

Besin elementleri

Toprak

Buğday

Determination of Effects of Increasing Dose Biochar and Vermicompost Applications on Nutrient Content in Wheat and Soil

ABSTRACT

The experiment was conducted growth chamber conditions at Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences. Increasing different rates of biochar and vermicompost (0%, 5%, 10% and 20%) were used in this study. The experiment was conducted with four replications a randomized plots design. In this study, potassium, calcium, magnesium, sodium, iron, manganese, zinc and copper in plant and soil samples were analyzed.

Result of the analyzes indicated that biochar and vermicompost applications on the nutrient content of the plant and soil samples caused significant changes compared to the control. According to control group plants, the most significant changes in the content of wheat plant parts and soil nutrients were determined in the applications doses of %5 (K and Ca elements) and %20 (Mg, Na, Fe, Mn, Zn and Cu elements) of vermicompost. It was found that application rate of 20% biochar increased to vermicompost as much. As a result, the application of biochar can be used as a good soil regulator and organic fertilizer source.

Research Article

Article History

Received : 23.01.2019

Accepted : 18.04.2019

Keywords

Biochar

Vermicompost

Nutrient elements

Soil

Wheat

To Cite : Sönmez F, Çığ F 2019. Artan Dozdaki Biyokömür ve Solucan Gübresi Uygulamalarının Buğdayda ve Toprakta Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(4): 526-536. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.516812.

GİRİŞ

Küresel ısınmanın en önemli aktörlerinden olan karbon, aynı zamanda üretken toprakların verimlilik

kriteri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda topraklara karbonun kazandırılması (sequester carbon) özellikle Amazon bölgesinde terra preta olarak adlandırılan toprakların keşfinden sonra

(Kammann ve ark., 2017) daha çok ön plana çıkmıştır. Bu amaç için çeşitli piroliz yöntemleri ile biyokütle enerji kaynakları biyokömüre (biochar) dönüştürülerek tarım alanlarına uygulanması gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır (Ni ve ark., 2006; Lehman, 2007; Akgül, 2017). Böylece toprağa biyokömür uygulamalarıyla tarımsal faaliyetlerden kaynaklı atmosfere karbondioksit salınımının önemli oranlarda azaltılabileceği belirtilmektedir (Sohi ve ark., 2010). Ülkemiz yüzölçümünün yarısından fazlasını tarım ve orman alanlarının kaplı olması (%58) ve buna bağlı olarak açığa çıkan bitkisel ve hayvansal atıkların toplam olarak 109.4 milyon ton olduğu (Sümer ve ark., 2016) düşünüldüğünde biyokömüre dönüştürülecek önemli miktarda organik karbon kaynağına sahibiz demektir. Krull ve ark. (2006), toprağa ilave edilen organik gübreler içerisinde biyokömür'ün daha uzun süre toprakta kalabilen organik materyal olduğu bildirilmektedir. Biyokömürün çok az azot içermesi ve mikroorganizmalarca ayrıştırılması uzun süreçte gerçekleşeceği için uygulanan alanlarda uzun süre kalabilmektedir (Ortaç, 2018).

Biyokömür gözenekli yapısı, 500 m² g⁻¹ gibi yüzey alana sahip olması su tutma ve katyon değiştirme kapasitesinin yüksek olmasını sağlamakta ve böylece toprakta Ca, Mg, K gibi besin elementlerini yarıyışlılığını artırmakta, aromatik ile humik maddelere zengin olması (Lorenz ve Lal, 2014) ile diğer organik gübrelere göre kullanımında ayrıcalık kazanmaktadır. Biyokütle enerji kaynaklarının selüloz, hemiselüloz, lignin ve az miktarda içerdiği oldukları uçucu bileşiklerin oransal farklılıklarından dolayı bunlarda üretilen biyokömürlerin yüzey özellikleri, yüzey alanları veya gözeneklilikleri gibi önemli fizikokimyasal özellikleri farklılık gösterebilmektedir (Lei ve Zhang, 2013). Bu farklılıklarından faydalanılarak, toprak iyileştiricisi, organik gübre, hayvan yemlerinde katkı maddesi, kimi zehirli gazların absorblayıcısı, enerji depolama ortamı, bazı reaksiyonlarda katalizör, binaların yapımında yapı malzemesi ve sulardaki ağır metaller ile organik kirleticilerin giderilmesinde adsorbent olarak faydalanılması gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Akgül, 2017). Toprak iyileştiricisi olarak özellikle tropik iklimdeki topraklarda yaklaşık %25'lik verim artışı sağladığı ve bu durumda toprakların pH'sının düşük olmasının önemli bir sınırlayıcı etkiye sahip olduğu ve biyokömürün yüksek pH'ya sahip olması ile toprak pH'sında ki iyileştirmeden kaynaklandığı Jeffery ve ark. (2017) tarafından bildirilmiştir. Ippolito ve ark. (2016) biyokömürün sahip olduğu alkali karakter asit rekasyonlu toprakların pH'sını yükselterek toprak verimliliğine olumlu etki yaptığı belirtilmiştir. Toprak pH'sında gözlenen bu artışın P ve K (Atkinson ve ark., 2006; 2010) ile Ca ve Mg (Major ve ark., 2010)

elementlerinin alınımında artış sağlamaktadır. Biyokömürün elde edildiği ana kaynağa bağlı olarak özellikle arıtma çamuru ve deri işleme fabrikası atıklarından üretilenlerin bakır, çinko, nikel ve krom gibi ağır metalleri de içerdiği bildirilmiştir (Muralidhara, 1982; Bridle ve Pritchard, 2004). Bu durumda arıtma çamuru ve deri işleme fabrikası atıklarından elde edilen biyokömürlerin kullanımında dikkat edilmesi gerekmektedir. Toprak pH'sı alkali olan topraklarda biyokömürün uygulama dozunun fazla olması durumunda pH'da gözlenen artışa bağlı olarak mikro element alınımının azalmasına ve soya fasulyesinin veriminde %37-71 oranında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Kishimoto ve Sugiura, 1985). Biyokömür uygulanmamış topraklarda uygulanmış topraklara göre %40-51 oranında daha fazla azot dioksit atmosfere salındığı bildirilmiştir (Sohi ve ark., 2009). Bu durumun biyokömür uygulaması ile amonyum azotunun daha fazla adsorbe olması ve aynı zamanda nitrat azotunun denitrifikasyona uğramasını azaltmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Bai ve ark., 2010; Sohi ve ark., 2010). Biyokömür uygulanmış topraklarda yetişen bitkilerin azotlu gübrelere göre daha fazla yararlanabildiğini ispatlamaktadır. Biyokömür uygulamaları ile yapılan çalışmalarda bitki veriminin arttığı bildirilmektedir. Chan ve ark. (2007) mısırdaki 15 ve 20 ton ha⁻¹ biyokömür uygulamasının tane verimini %98 artırdığını bildirmişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda verim artışları pirinçte %12-14 (Rehman ve Razzaq, 2017), çeltikte %40 (Sokchea ve ark., 2013), mısırdaki %26-42 (Glaser ve ark., 2014) ve buğdayda %30 (Baronti ve ark., 2010; Vaccari ve ark., 2011) kadar olduğu ancak kimi diğer çalışmalarda biyokömür uygulamasının verim üzerine olumsuz etkisi olduğu da bildirilmektedir (Gaskin ve ark., 2010; Tammeorg ve ark., 2014; Schmidt ve ark., 2014).

Solucan gübresi daha çok kırmızı Kaliforniya solucanlarının kullanıldığı, çeşitli bitkisel ve hayvansal organik atıkların karışımını sindirim sistemlerinden geçirmeleri ile oluşan (Açıkbaz, ve Bellitürk, 2016) içerisinde simbiyotik bakteri (Rhizobium) ve asimbiyotik mikroorganizmalar ile mikoriza mantarını da bünyesinde barındıran katı ve sıvı formda kullanımı yaygınlaşan bir kompost çeşididir (Demir ve ark., 2010; Boran, 2015; Yılmaz ve Kurt, 2018). Solucan gübresi yüksek gözeneklilik ve katyon değişim kapasitesine sahip, havalanma ve su tutma kapasitesi iyi, yüksek mikrobiyal aktiviteye sahip olması ile iyi bir toprak düzenleyicisi olarak ta kullanılmaktadır (Bossuyt ve ark., 2005; Tejada ve González, 2009). Yapılan bilimsel çalışmalarda solucan gübresi uygulamaları ile bitkisel üretimin kalite ve veriminde artışlar yanı sıra toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde iyileşmeler (Alam ve ark., 2007; Bai ve Malakouti, 2007; Çıtak ve ark., 2011;

Şahin, 2013; Jahan ve ark., 2014; Adiloğlu ve ark., 2015; Ateş ve Çoşkan, 2016; Açıkbaş ve Bellitürk, 2016; Yılmaz ve ark., 2017; Bellitürk, 2018) sağlandığı bildirilmektedir.

Biyokömür ve vermikompostu karşılaştırmalı ve kombine etkilerinin belirlenmesi üzerine de çalışmalar yapılmaktadır. Kurt (2016) solucan gübresi ve biyokömürün birlikte kullanıldığı çalışmada kök bölgesi enzim aktivitesi üzerine solucan gübresi ve biyokömürün tek başlarına kullanılmasından ise belirli oranlarda karıştırılarak uygulanmasının daha iyi sonuç verdiğini bildirmiştir. Alvarez ve ark. (2017) düşük oranlarda vermikompost ve yüksek oranda biyokömür karışımının petunya ve sardunyada kontrole göre daha fazla çiçek oluşumu ve gelişim sağladığı bildirilmiştir. Wang ve ark. (2018a) yaptıkları çalışmada biyokömür ve vermikompost uygulamalarının belirli oranlarda karıştırılarak kullanımının ağır metallerin bitkiler tarafından alınabilirliğini azalttığını bildirmişlerdir. Karki (2018) yapmış olduğu çalışmada %40/%70 oranlarında solucan gübresi/biyokömür karışımının havucun kök ağırlığı ve biyolojik verimini artırdığını bildirmiştir.

Bu çalışma artan dozlarda biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının toprağın besin elementi içeriğindeki değişimlere etkisi yanı sıra buğdayın kök ve kök üstü organındaki besin elementleri değişimine etkisinin belirlenmesi için kurulmuştur

MATERYAL ve METOD

Deneme Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesinde yürütülmüştür. Çalışmada 1 kg toprak alan saksılar kullanılmıştır. Artan oranlarda solucan gübresi ve biyokömür (0, 5, 10 ve 20%) uygulamaları yapılmış ve her saksıya 15 buğday tohumu ekilmiş, çıkışlar bittikten sonra 10 bitkiye seyreltilmiştir. Deneme boyunca saf su ile sulama yapılmıştır. Çalışmada kullanılan biyokömür Synpet Teknoloji Geliştirme Anonim Şirketi'nden (İstanbul), solucan gübresi ise Vermisol firmasından

temin edilmiştir. Denemede kullanılan toprak, biyokömür ve solucan gübresine ait analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemeye 11.05.2017 tarihinde tohum ekimi ile başlanılmış, 13.07.2017 tarihinde bitkiler dikkatlice kök boğazından kesilerek denemeye son verilmiştir. Bitkiler yaklaşık 64 günlük bir yetiştirme periyodu sonunda hasat edilerek analize tabi tutulmuşlardır. Sabit dozda 180 mg N kg⁻¹ ve 80 mg P₂O₅ kg⁻¹ olacak şekilde A.Sülfat (%21 N) ve DAP (18-46-0) gübrelere tohum ekiminden sonra saf suda çözülürülerek uygulanmıştır. Deneme sonunda bitki örnekleri kök ve kök üstü organlarına ayrılarak kurutma dolabında 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Bitki örnekleri öğütüldükten sonra kuru yakma yöntemine göre yakılmış ve elde edilen süzüklerde K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn ve Cu elementleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Deneme sonunda toprak örneklerinde Kacar (1994)'ın bildirdiği şekilde değişebilir katyon ve alınabilir mikroelement analizleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak yapılmıştır.

Elementel analiz sonuçları 'Costat' istatistik paket programından yararlanılarak analiz edilmiş, etkileri önemli bulunan uygulamalara ait ortalamalar "Duncan çoklu karşılaştırma" testine göre gruplandırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının toprak, kök ve kök üstü organın besin elementi içeriğine etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 2'de, besin elementi ortalamalarına ait verilerde Çizelge 3 ve 4'te verilmiştir. Biyokömür ve solucan gübresi uygulamaları gerek toprak, gerekse kök ve kök üstü organın K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn ve Cu besin element içerikleri üzerine p<0.01 düzeyinde önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprak, biyokömür ve solucan gübresine ait bazı analiz sonuçları

| Materyaller | Tekstür | pH | Tuz | Kireç | Organik madde | Değişebilir | | | Yararlanılabilir | | | | |
|------------------|---------|-----|--------------------|-------|---------------|---------------------|-----|----|------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | | K | Ca | Mg | Na | Fe | Mn | Zn | Cu |
| | | | dS m ⁻¹ | % | | mg kg ⁻¹ | | | | | | | |
| Toprak | Siltli | 8.6 | 0.28 | 25. | 1.62 | 23 | 137 | 93 | 22 | 16. | 13. | 0.2 | 1.7 |
| | Tınlı | 6 | 7 | 8 | | 0 | 61 | 2 | 0 | 8 | 2 | 5 | 3 |
| Toplam | | | | | | | | | | | | | |
| Solucan gübresi- | | 7.3 | 3.22 | - | 63.07 | 46 | 102 | 56 | 25 | 25 | 45 | 42 | 34 |
| | | 5 | | | | 82 | 54 | 12 | 60 | 42 | 9 | 3 | |
| Biyokömür - | | 9.3 | 0.69 | - | 31.7 | 30 | 158 | 46 | 61 | 42 | 14 | 75 | 49 |
| | | 0 | | | | 0 | 00 | 18 | 72 | 2 | 7 | 2 | |

Çizelge 2. Biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının toprak, kök ve kök üstü bitki kısmının besin elementi içeriğine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | S.D. | Toprak | | Kök | | Kök üstü | |
|-------------------|------|----------|---------|------------|----------|------------|----------|
| | | K.O. | F | K.O. | F | K.O. | F |
| Potasyum | | | | | | | |
| Uygulama | 6 | 596577 | 80.03** | 39432670 | 24.38** | 3083059 | 12.12** |
| Hata | 12 | 7454 | | 1617000 | | 2543739 | |
| Kalsiyum | | | | | | | |
| Uygulama | 6 | 29521764 | 10.09** | 5148837430 | 24.11** | 1231250126 | 141.64** |
| Hata | 12 | 2924257 | | 213600349 | | 8692877 | |
| Magnezyum | | | | | | | |
| Uygulama | 6 | 99437 | 5.89** | 15860664 | 26.64** | 8536878 | 57.33** |
| Hata | 12 | 16869 | | 595292 | | 148896 | |
| Sodyum | | | | | | | |
| Uygulama | 6 | 113112 | 16.55** | 61367975 | 74.50** | 12539596 | 58.55** |
| Hata | 12 | 6834 | | 823717 | | 214157 | |
| Demir | | | | | | | |
| Uygulama | 6 | 13.391 | 4.27** | 31371758 | 37.20** | 56165 | 27.20** |
| Hata | 12 | 3.138 | | 843252 | | 2065 | |
| Mangan | | | | | | | |
| Uygulama | 6 | 85.937 | 10.47** | 10144 | 38.17** | 80.523 | 9.01** |
| Hata | 12 | 8.214 | | 265 | | 8.938 | |
| Çinko | | | | | | | |
| Uygulama | 6 | 0.464 | 43.80** | 13755 | 214.46** | 1252 | 42.61** |
| Hata | 12 | 0.011 | | 64 | | 29 | |
| Bakır | | | | | | | |
| Uygulama | 6 | 32.574 | 40.23** | 153399 | 63.57** | 3563 | 73.22** |
| Hata | 12 | 0.809 | | 2413 | | 48 | |

** , p<0.01 düzeyinde önemli,

Çizelge 3. Uygulamaların toprak, kök ve kök üstü bitki kısmının potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum elementleri üzerine etkisine ait ortalamalar

| Uygulamalar | Toprak | Kök | Kök üstü | Toprak | Kök | Kök üstü |
|---------------------|--------------------------------|-------|----------|-----------------------------|--------|----------|
| | Potasyum, % | | | Kalsiyum, % | | |
| Kontrol | 0.0232 | 0.974 | 2.716 | 1.376 | 10.154 | 5.586 |
| %5 Biyokömür | 0.0355 | 1.121 | 3.037 | 1.076 | 15.363 | 3.129 |
| %10 Biyokömür | 0.0580 | 1.782 | 3.012 | 0.735 | 8.401 | 2.944 |
| %20 Biyokömür | 0.1249 | 1.463 | 3.283 | 0.653 | 5.043 | 2.830 |
| %5 Solucan gübresi | 0.0241 | 1.034 | 3.551 | 1.042 | 7.579 | 5.858 |
| %10 Solucan gübresi | 0.0195 | 1.145 | 3.302 | 0.886 | 7.225 | 1.983 |
| %20 Solucan gübresi | 0.0174 | 0.891 | 3.369 | 0.615 | 4.885 | 1.153 |
| LSD (0.05) | 0.0127 | 0.187 | 0.235 | 0.251 | 2.149 | 0.434 |
| | Magnezyum, mg kg ⁻¹ | | | Sodyum, mg kg ⁻¹ | | |
| Kontrol | 927 | 10180 | 2792 | 227 | 3367 | 2296 |
| %5 Biyokömür | 1005 | 7731 | 3246 | 358 | 4689 | 3248 |
| %10 Biyokömür | 1178 | 6126 | 3460 | 471 | 6899 | 4306 |
| %20 Biyokömür | 1352 | 5268 | 3901 | 681 | 14286 | 7710 |
| %5 Solucan gübresi | 1117 | 10744 | 4263 | 199 | 5802 | 3010 |
| %10 Solucan gübresi | 1277 | 8750 | 5598 | 257 | 9651 | 3292 |
| %20 Solucan gübresi | 1296 | 8220 | 6921 | 352 | 11368 | 4059 |
| LSD (0.05) | 191 | 1135 | 567 | 122 | 1335 | 680 |

Potasyum

Çizelge 3'te görüleceği üzere artan biyokömür uygulamaları ile toprak ve kök ile kök üstü organın potasyum element içerikleri kontrol grubuna göre artış göstermiştir. Kontrolde sırasıyla %0.0232,

%0.974 ve %2.716 olan potasyum içeriği artan biyokömür uygulamaları ile artış göstermiş en yüksek değerlere %20 biyokömür uygulamasında sırasıyla %0.1249, %1.463 ve %3.3283 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Uygulamaların toprak, kök ve kök üstü bitki kısmının demir, mangan, çinko ve bakır elementleri üzerine etkisine ait ortalamalar

| Uygulamalar | Toprak | Kök | Kök üstü | Toprak | Kök | Kök üstü |
|---------------------|----------------------------|-------|----------|-----------------------------|-------|----------|
| | Demir, mg kg ⁻¹ | | | Mangan, mg kg ⁻¹ | | |
| Kontrol | 17.03 | 5718 | 336 | 13.6 | 148.5 | 34.9 |
| %5 Biyokömür | 15.60 | 5306 | 198 | 12.4 | 152.3 | 30.1 |
| %10 Biyokömür | 15.10 | 3001 | 228 | 18.8 | 84.5 | 30.1 |
| %20 Biyokömür | 12.18 | 2543 | 229 | 22.5 | 80.0 | 31.5 |
| %5 Solucan gübresi | 15.58 | 9923 | 289 | 17.8 | 179.0 | 20.9 |
| %10 Solucan gübresi | 16.98 | 9027 | 452 | 22.1 | 153.3 | 25.7 |
| %20 Solucan gübresi | 17.68 | 7025 | 504 | 24.7 | 222.8 | 30.0 |
| LSD (0.05) | 2.60 | 1350 | 67 | 4.2 | 24 | 4.4 |
| | Çinko, mg kg ⁻¹ | | | Bakır, mg kg ⁻¹ | | |
| Kontrol | 0.21 | 72.8 | 34.4 | 1.66 | 209.8 | 80.6 |
| %5 Biyokömür | 0.35 | 94.1 | 40.7 | 3.50 | 278.1 | 106.1 |
| %10 Biyokömür | 0.55 | 154.6 | 55.9 | 5.63 | 393.0 | 118.4 |
| %20 Biyokömür | 0.78 | 189.4 | 61.2 | 8.79 | 494.2 | 155.8 |
| %5 Solucan gübresi | 0.38 | 143.2 | 36.2 | 4.76 | 346.7 | 101.5 |
| %10 Solucan gübresi | 0.54 | 214.2 | 59.3 | 8.41 | 498.6 | 120.2 |
| %20 Solucan gübresi | 1.23 | 228.2 | 84.4 | 8.92 | 806.1 | 164.5 |
| LSD (0.05) | 0.15 | 11.8 | 7.9 | 1.32 | 72.2 | 10.3 |

Bu artışlar sırasıyla %488, %50 ve %21 oranında gerçekleşmiştir. Pandit ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada biyokömür uygulamasının toprağın fosfor ve potasyum içeriğinde artış sağladığını bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2018b) biyokömür uygulamasının hem toprağın hem de bitkinin potasyum içeriğini artırdığı bildirmişlerdir. Artan solucan gübresi uygulamaları ile toprak potasyum içeriği kontrole göre azalış göstermiştir. Kontrolde %0.0232 olan potasyum içeriği %20 solucan gübresi uygulaması ile %0.0174'e düşmüş ve bu azalış %33.3 oranında gerçekleşmiştir. Amir ve Fouzia (2011) solucan gübresi uygulamalarının toprağın makro ve mikro element içeriğini artırdığı ve böylece bitkilerin daha kolay alabildiğini bildirmişlerdir.

Kalsiyum

Biyokömür ve solucan gübresinin uygulamaları hem toprağın hemde kök ve kök üstü organın kalsiyum içerikleri kontrole göre azalmıştır. Kontrolde toprak, kök ve kök üstü organın kalsiyum içerikleri sırasıyla %1.376, %10.154 ve %5.586 iken, %20 biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarında sırasıyla %0.653;%0.615, %5.043;%4.885 ve %2.830;%1.153'e düşmüştür. Bu azalışlar biyokömür uygulamasında sırasıyla %110.7, %101.3 ve %97.4 oranında gerçekleşmişken, solucan gübresi uygulamasında sırasıyla %123.7, %107.9 ve %384.5 oranında gerçekleşmiştir. Meydana gelen oransal değişimler biyokömür uygulamasına göre solucan gübresi uygulamasında daha belirgin olduğu görülmüştür. Kök kalsiyum içeriği %5 biyokömür uygulamasında %53.63 gibi bir oran ile kontrolün üzerinde bir değer sağlamıştır (Çizelge 3). Biyokömürün sahip olduğu

yüksek özel yüzey alanı, porozite, besin element içeriği, kation değişim kapasitesi, pH ve karbon içeriği nedeniyle toprakların besin elementi içeriğinde artış sağlamaktadır (Pühringer, 2016). Dolayısıyla biyokömür uygulamalarının belli dozuna kadar toprakta değişebilir kalsiyum içeriği artarken, fazla miktarlarda biyokömür uygulaması ile biyokömürün sahip olduğu yüksek spesifik yüzey alanı kalsiyumun güçlü şekilde tutulmasını sağlayarak değişebilir kalsiyum içeriğini azaltmaktadır. Böylece toprakta değişebilir kalsiyumun alınabilirliğinin sınırlanması ile bitkinin kalsiyumdan faydalanmasını azaltmaktadır. Solucan gübresi bitkiye yararlı fosfor, değişebilir kalsiyum ve potasyum içeriğinin yüksek olduğu (Orozco ve ark., 1996) bir organik gübredir. Ramnarain ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada solucan gübresi uygulamaları ile toprağın besin element içeriğindeki artışın yanı sıra bitkinin de besin elementi içeriğinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Hem solucan gübresi hemde biyokömür uygulamaları ile bitkinin potasyum ve sodyum içeriği artmakta dolayısıyla kalsiyum ile diğer elementler arasındaki antagonistik ilişki göz önünde bulundurulduğunda kalsiyum alımının azalması bu durumla da ilişkili olabilir.

Magnezyum

Magnezyum elementi değerleri biyokömür ve solucan gübresi uygulamaları ile kök organında azalmaya neden olurken, toprak ve kök üstü organın içeriklerinde artış sağlamıştır. Kontrolde sırasıyla 927 mg kg⁻¹, 10180 mg kg⁻¹ ve 2792 mg kg⁻¹ olan magnezyum değerleri %20 biyokömür uygulamalarında toprak ve kök üstü organda

sırasıyla 1352 mg kg⁻¹ ve 3901 mg kg⁻¹ yükselmişken kökte 5268 mg kg⁻¹ 'a düşmüştür. Solucan gübresinin artan dozları ile magnezyum içeriği toprak ve kök üstü organda artmışken kökte azalmış ve sırasıyla 1296 mg kg⁻¹, 8220 mg kg⁻¹ ve 6921 mg kg⁻¹ olarak ölçülmüştür. Biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarında ile meydana gelen değişimler toprak ve kök üstü organda sırasıyla %45.8/%39.8 ve %39.7/%147.9 oranında artış, kökte %93.2/%23.8 oranında azalış olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Carter ve ark. (2013) biyokömür uygulamalarında, Ramnarain ve ark. (2018) solucan gübresi uygulamalarında toprağın ve bitkinin K, Ca ve Mg ile kimi diğer element içeriklerinde önemli artışlar sağladığını bildirmişlerdir. Kök organının Mg içeriği biyokömür ve solucan gübresi uygulamaları ile azalırken kök üstü organda artması magnezyum klorofilin merkez atomu olması nedeniyle kök üstü organa daha fazla taşınmasından kaynaklanmaktadır.

Sodyum

Toprak, kök ve köküstü organın sodyum içerikleri hem biyokömür hemde solucan gübresi uygulamaları ile artış göstermiştir. Kontrolde sırasıyla 227 mg kg⁻¹, 3367 mg kg⁻¹ ve 2296 mg kg⁻¹ olan magnezyum değerleri %20 biyokömür/solucan gübresi doz uygulamaları ile sırasıyla 681 mg kg⁻¹/352 mg kg⁻¹, 14286 mg kg⁻¹/11368 mg kg⁻¹ ve 7710 mg kg⁻¹/4059 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Meydana gelen bu artışlar biyokömür/solucan gübresi uygulamalarında sırasıyla %200/55.1, %324.3/237.6 ve %235.8/76.8 oranında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Esposito (2013) yaptığı çalışmada toplam değişebilir katyonlar içerisinde sodyumun oranı kontrolde %1.7 iken biyokömür uygulaması %3.8'e ulaştığını bildirmiştir. Biyokömürler içermiş oldukları yüksek düzeyde mikroporlar aracılığıyla büyük miktarlarda su adsorbe etmekte ve bu su içerisindeki çözünmüş halde bulunan besin elementlerinden bitkilerin daha fazla faydalanması (Major ve ark., 2009) gibi durum gerçekleşmekte; dolayısıyla biyokömür uygulanmış toprakların sodyum içeriği solucan gübresi uygulanmış topraktan daha fazla olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim Çizelge 1'de görüleceği üzere biyokömürün sodyum içeriği, solucan gübresinin 2 katından fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun buğdayın hem kök hem de kök üstü organında sodyum içeriği açısından biyokömür uygulamalarında daha yüksek değerlere ulaşmasına neden olabilmektedir.

Demir

Toprak örneklerinin yarayışlı demir içeriği artan biyokömür uygulaması ile kontrole göre azalış göstermişken, solucan gübresi uygulaması ile önce düşüş sonra bir miktar artış elde edilmiştir.

Kontrolde 17.03 mg kg⁻¹ olan yarayışlı demir içeriği %20 biyokömür uygulaması ile 12.18 mg kg⁻¹'a düşmüş ve bu azalışın %33 oranında gerçekleştiği görülmüştür. %5 solucan gübresi uygulaması ile 15.58 mg kg⁻¹, 'a düşen yarayışlı demir içeriği %20 solucan gübresi uygulaması ile 17.68 mg kg⁻¹, 'a yükselmiş ancak bu değişimin istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 4). Biyokömür uygulaması kök ve köküstü organın demir içeriğini kontrole göre önemli oranda azaltmışken, solucan gübresi uygulaması artırmıştır. Solucan gübresi uygulaması kök toplam demir içeriğinde kendi içinde azalışa neden olmuştur. %5 ve %10 solucan gübresi uygulamalarında sırasıyla 9923 mg kg⁻¹ ve 9027 mg kg⁻¹ olan toplam demir içeriği %20 solucan gübresi uygulaması ile 7025 mg kg⁻¹'a düşmüş, ancak bu değer kontrolün üzerinde olduğu görülmüştür. Kontrolde sırasıyla 5718 mg kg⁻¹ ve 336 mg kg⁻¹ olan toplam demir içeriği %20 biyokömür uygulaması ile 2543 mg kg⁻¹ ve 229 mg kg⁻¹'a düşmüş, %20 solucan gübresi uygulamasında ise 7025 mg kg⁻¹ ve 504 mg kg⁻¹'a yükselmiştir. Biyokömür uygulamaları ile meydana gelen değişimler sırasıyla %124.9 ve %46.7, solucan gübresi uygulamasında %73.5 ve %50.0 düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Toprak örneklerinde yarayışlı demir içeriğindeki düşüş muhtemelen biyokömür uygulaması ile toprak pH'sındaki yükselmeye (Pandit ve ark., 2017; 2018) bağlı olabileceği gibi biyokömürün spesifik yüzey alanının, aktif fonksiyonel gruplarının, pH'sının ve KDK'sının oldukça yüksek olması demir gibi ağır metallerin yarayışlılığını azaltmakta (Ahmad ve ark., 2014; Park ve ark., 2011) dolayısıyla hem toprak örneklerinin demir içeriğinde hemde kök ve kök üstü organın demir alımında azalmalar bu durumlardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Solucan gübresi uygulaması ile gerçekleşen hem toprak hemde kök ve kök üstü organın demir içeriğindeki artış ve solucan gübresi uygulaması ile toprakların enzim aktivitesindeki artışın, (Albiach ve ark., 2000; Ros ve ark., 2006) içeriğindeki mikrobiyal çeşitliliğin yüksek olması (Yılmaz ve Kurt, 2018), mikrobiyal aktiviteyi artırması (Knapp ve ark., 2010) ve solucan gübresinin demir içeriğinin (1542 mg kg⁻¹) yüksek oluşundan kaynaklanmış olacağı ileri sürülebilir.

Mangan

Biyokömür ve solucan gübresi uygulamaları, toprakta yarayışlı mangan içeriğinde kontrole göre artış sağlamıştır. Kontrolde 13.6 mg kg⁻¹ olan yarayışlı mangan içeriği %20 biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarında 22.5 mg kg⁻¹ ve 24.7 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bu artışlar oransal olarak %65.4 ve %81.6 oranında gerçekleşmiştir (Çizelge 4). Kök mangan içeriğinde kontrole göre biyokömür uygulamaları düşüşe neden olurken, solucan gübresi uygulaması artış sağlamıştır. Kontrolde 148.5 mg kg⁻¹

¹, olan mangan içeriği %20 biyokömür uygulamasında 80.0 mg kg⁻¹'a düşmüş, %20 solucan gübresi uygulamasında ise 222.8 mg kg⁻¹'a yükselmiştir. Oransal olarak %85.6 ve %50.0 düzeyinde değişim olduğu belirlenmiştir. Kök üstü organın mangan içeriği, hem biyokömür hemde solucan gübresi uygulamaları ile kontrole göre azalmıştır. Kontrolde 34.9 mg kg⁻¹ olan mangan içeriği %20 biyokömür ve solucan gübresi uygulamaları ile sırasıyla 31.5 mg kg⁻¹ ve 30.0 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Meydana gelen değişimler oransal olarak %10.8 ve %16.3 düzeyinde olduğu görülmüştür (Çizelge 4).

Gerek biyokömür gerekse solucan gübresi uygulamalarının toprağın yarayışlı mangan içeriğinde sağlamış oldukları artış her iki gübrenin içerdiği yüksek miktardaki mangan içeriklerinden dolayı olabileceği gibi biyokömür ve solucan gübresi uygulaması ile buğdayın manganı alamamasından ve manganın toprak da birikmesinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim Rizwan ve ark. (2016) biyokömür uygulamaları ile toprak kolloidlerinin ağır metalleri absorbe etmesi, kompleks oluşturması ve yüzeyinde tutulması gibi fonksiyonları etkilemek suretiyle bitkiler tarafından alınımını azalttığını bildirmişlerdir. Solucan gübresi uygulamalarının toprağın mangan içeriğini artırdığı Azarmi ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışma da bildirilmiştir. Jordao ve ark. (2006) solucan gübresi uygulaması ile DTPA ile ekstrakte edilebilir mangan içeriğinin yüksek olmasını mikrobiyal aktivite ile Mn'in karbonatlar, hidroksiller ve fosfatlar ile gerçekleştirdiği bağlanmanın azalmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz bu çalışma, solucan gübresi uygulamasının toprakta manganın yarayışlılığını arttırdığını ve bitkilerin daha fazla mangandan faydalanmasını kolaylaştırdığını ortaya koymuştur.

Çinko

Kontrolde göre %20 biyokömür ve solucan gübresi uygulamaları toprak, kök ve kök üstü organın çinko içeriğinde belirgin değişimler sağlamıştır. Toprak yarayışlı çinko içeriği kontrolde 0.21 mg kg⁻¹ iken artan doz uygulamaları ile artmış ve biyokömür de 0.78 mg kg⁻¹'a, solucan gübresinde 1.23 mg kg⁻¹'a yükselmiştir. Bu artışlar oransal olarak %271.4 ve %485.7 oranında gerçekleşmiştir. Kök ve kök üstü organın çinko içerikleri artan biyokömür/solucan gübresi uygulamaları ile artış göstermiş ve en yüksek değerler 189.4 mg kg⁻¹/228.2 mg kg⁻¹ ve 61.2 mg kg⁻¹/84.4 mg kg⁻¹ ile %20 uygulamalarında elde edilmiştir. Bu artışların %160.2/213.5 ve %77.9/145.3 oranlarında olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Biyokömür uygulamalarına göre solucan gübresi uygulamaları ile çinko içeriğinde daha yüksek artışlar elde edilmiştir. İnal ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada biyokömür uygulamaları hem toprağın

hemde bitkilerin Zn, Cu ve Mn içeriklerinin artırdığını bildirmişlerdir. Bu durum biyokömür uygulamaları ile toprağın mikrobiyal aktivitesinin değişmesi (Yuan ve ark., 2011) ile organik maddenin parçalanmasının hızlanması ve açığa çıkan organik asitlerin elementlerin yarayışlılığını artırmasından kaynaklanmaktadır (Hairani ve ark., 2016).

Bakır

Toprakların yarayışlı bakır içeriği ile kök ve kök üstü organın bakır içeriği hem biyokömür hemde solucan gübresi uygulamaları ile artış göstermiştir. Kontrolde sırasıyla 1.66 mg kg⁻¹, 209.8 mg kg⁻¹ ve 80.6 mg kg⁻¹ olan bakır değerleri, %20 biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarında en yüksek değerlere ulaşmış ve sırasıyla 8.79 mg kg⁻¹/8.92 mg kg⁻¹, 494.2 mg kg⁻¹/806.1 mg kg⁻¹ ve 155.8 mg kg⁻¹/164.5 mg kg⁻¹'a olarak belirlenmiştir. Meydana gelen bu değişimler sırasıyla %429.5/437.4, %135.6/284.2 ve %93.3/104.1 oranlarında gerçekleşmiştir (Çizelge 4). Toprak yarayışlı bakır içeriği ile kök ve kök üstü organın bakır içeriği üzerine biyokömür uygulamalarına göre solucan gübresi uygulamalarının daha belirgin etki yaptığı görülmüştür. Biyokömür ve/veya organik gübre uygulamaları toprak sağlığını iyileştirmekte (Azeez ve ark., 2010), toprakların faydalı mikroorganizma faaliyetini artırmakta (Abujabhah ve ark., 2016; Gomez ve ark., 2014) ve böylece toprakların besin element içeriğinde iyileşmeler (Lehman ve Joseph, 2015; Beesley ve ark., 2010) sağladığı gibi bitkilerin özellikle mikro element alınımını da artırdığı sonucuna varılmıştır (İnal ve ark., 2015).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye'de tarımı yapılan topraklarımızın %89'u organik maddece az (%1-2) ve çok az (<%1) sınıfında (Gezgin, 2018) olduğu düşünüldüğünde ve biyokömürün fazla azot içermemesi nedeniyle mikrobiyal parçalanmaya fazla maruz kalmaması onun uzun süre toprakta kalmasını sağlamakta, böylece diğer organik gübrelerle göre daha avantajlı konuma getirmektedir. Bu çalışmada da görüldü ki biyokömürün organik gübre gibi kullanımı ile toprağın birçok besin elementince zenginleştiği hatta solucan gübresi kadar katkı sağladığı görülmüştür. Test bitkisi olarak kullanılan buğdayın kök ve kök üstü organlarının besin element içeriği biyokömür uygulamalarından olumsuz etkilenmediği gibi kimi elementlerce solucan gübresine yakın kimi elementlerce de solucan gübresinden daha fazla beslenmesine katkı sağladığı belirlenmiştir. Biyokömür uygulamaları toprak pH'sı ve biyokömürün elde edildiği orijin dikkate alınmak suretiyle, uygulama miktarlarının belirlenmesi; toprakların ve bitkilerin besin elementlerince zenginleşmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Abujabhah IS, Bound SA, Doyle R, Bowman JP 2016. Effects of Biochar and Compost Amendments on Soil Physico-Chemical Properties and the Total Community Within A Temperate Agricultural Soil. *Applied Soil Ecology*, 98: 243-253.
- Açıkbaş B, Bellitürk K 2016. Vermikompostun 5BB Üzerine Aşılı Trakya İlkeren Ama Fidanlarının Bitki Besin Elementleri İçerikleri Üzerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (4): 131-138.
- Adiloğlu A, Eryılmaz Açıkgöz F, Adiloğlu S, Solmaz Y 2015. Akuakültür Atığı ve Solucan Gübresi Uygulamalarının Salata (*Lactuca Sativa* L. var. *crispa*) Bitkisinin Verim, Bazı Bitki Besin Elementi İçeriği ile Bazı Agronomik Özellikleri Üzerine Etkisi. Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: NKUBAP.00.24.AR.15.11.
- Ahmad M, Rajapaksha AU, Lim JE, Zhang M, Bolan N, Mohan D, Vithanage M, Lee SS, Ok YS 2014. Biochar As A Sorbent for Contaminant Management in Soil and Water. *A Rev. Chemosphere*, 99: 19–33.
- Akgül G 2017. Biyokömür: Üretimi ve Kullanım Alanları. *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, 5(4): 485-499.
- Alam MN, Jahan MS, Ali MK, Ashraf MA, Islam MK 2007. Effect of Vermicompost and Chemical Fertilizers on Growth, Yield and Yield Components of Potato in Barind Soils Of Bangladesh. *J. Appl. Sci. Res.*, 3(12): 1879-1888.
- Albiach R, Canet R, Pomares F, Ingelmo F 2000. Microbial Biomass Content and Enzymatic Activities After Application of Organic Amendments to A Horticultural Soil. *Bioresour. Technol*, 75: 43-48.
- Alvarez JM, Pasian C, Lal R, López R, Fernández M 2017. Vermicompost and Biochar As Substitutes of Growing Media in Ornamental-Plant Production. *Journal of Applied Horticulture*, 19(3): 205-214.
- Amir K, Fouzia I 2011. Chemical Nutrient Analysis of Different Composts (Vermicompost and Pitcompost) and Their Effect on the Growth of A Vegetative Crop *Pisum Sativum*. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 1(1): 116–130.
- Ateş N, Çoşkan A 2016. Toprak Solucanı, Organik ve Mineral Gübreli Koşullarda Mısır Bitkisi Performansını Artırdı. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31: 39-49.
- Atkinson C, Fitzgerald J, Hipps N 2010. Potential Mechanisms for Achieving Agricultural Benefits from Biochar Application to Temperate Soils: A review. *Plant Soil* 337: 1-18.
- Azarmi R, Giglou MT, Taleshmikail RD 2018. Influence of Vermicompost on Soil Chemical and Physical Properties in Tomato (*Lycopersicum Esculentum*) Field. *African Journal of Biotechnology*, 7 (14): 2397-2401.
- Azeez JO, Van Averbek W, Okorogbona AOM 2010. Differential Responses in Yield of Pumpkin (*Cucurbita Maxima* L.) and Nightshade (*Solanum Retroflexum* dun.) to the Application of Three Animal Manures. *Bioresource Technology*, 101: 2499–2505.
- Bai BA, Malakout MJ 2007. The Effect of Different Organic Manures on Some Yield and Yield Quality Parameters in Onion. *Iran Soil and Water Sciences Journal*, 21 (1): 43-33.
- Bai J, Gao H, Deng W, Yang Z, Cui B 2010. Nitrification Potential of Marsh Soils from Two Natural Saline-Alkaline Wetlands. *Biol Fertil Soils*, 46: 525-529.
- Baronti S, Alberti G, Delle Vedove G, Di Gennaro F, Fellet G, Genesio L, Miglietta F, Peressotti A, Primo Vaccari F 2010. The Biochar Option to Improve Plant Yields: First Results From Some Field and Pot Experiments in Italy. *Ital J Agron.*, 5: 3–12.
- Beesley L, Moreno-Jiménez E, Gomez-Eyles JL 2010. Effects of Biochar and Greenwaste Compost Amendments on Mobility, Bioavailability and Toxicity of Inorganic and Organic Contaminants in A Multi-Element Polluted Soil. *Environmental Pollution*, 158: 2282-2287.
- Bellitürk, K., 2018. Vermicomposting in Turkey: Challenges and Opportunities in Future. *Eurasian Journal of Forest Science*. 6 (4): 32-41.
- Boran D 2015. Farklı Isıl Teknikleri Uygulanmış Solucan Gübresinin Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84 s.
- Bossuyt H, Six J, Hendrix PF 2005. Protection of Soil Carbon By Microaggregates within Earthworm Casts. *Soil Biol. Biochem*, 37: 251–258.
- Bridle TR, Pritchard D 2004. Energy and Nutrient Recovery From Sewage Sludge Via Pyrolysis. *Water Science and Technology*, 50:169–175.
- Carter S, Shackley S, Sohi S, Suy TB, Haefele S 2013. The Impact of Biochar Application on Soil Properties and Plant Growth of Pot Grown Lettuce (*Lactuca sativa*) and Cabbage (*Brassica chinensis*). *Agronomy*, 3: 404-418.
- Chan KY, Zwieten Van L, Meszaros I, Downie A, Joseph S 2007. Agronomic Values of Greenwaste Biochar as a Soil Amendment. *Aust J Soil Res*, 45: 629- 634.
- Çıtak S, Sönmez S, Koçak F, Yaşın S 2011. Vermikompost ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Ispanak (*Spinacia oleracea* var. L.) Bitkisinin Gelişimi ve Toprak Verimliliği Üzerine Etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28(1): 56-69.
- Demir H, Polat E, Sönmez İ 2010. Ülkemiz İçin Yeni Bir Organik Gübre: Solucan Gübresi. *Tarım Aktüel*, 14: 54-60.

- Düzgüneş A, Kesici OT, Kavuncu O, Gürbüz F 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları-II). Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 1021, Ankara, 381 s.
- Esposito NC 2013. Soil Nutrient Availability Properties of Biochar. The Faculty Of Cal Poly State University. Master Thesis, 59 s.
- Gaskin JW, Speir RA, Harris K, Das KC, Lee RD, Morris LA, Fisher DS 2010. Effect of Peanut Hull and Pine Chip Biochar on Soil Nutrients, Corn Nutrient Status, and Yield. *Agron J.*, 102: 623–633.
- Gezgin S 2018. Türkiye Topraklarının Organik Madde Durumu, Organik Madde Kaynaklarımız ve Kullanımı. Organomineral Gübre Çalıştayı, 12-16 Mayıs, İstanbul.
- Glaser B, Wiedner K, Seelig S, Schmidt HP, Gerber H 2014. Biochar Organic Fertilizers from Natural Resources as Substitute for Mineral Fertilizers. *Agron. Sustain. Dev.*, 35: 667-678.
- Gomez J, Deneff K, Stewart C, Zheng J, Cotrufo MF 2014. Biochar Addition Rate Influences Soil Microbial Abundance and Activity in Temperate Soils. *European Journal of Soil Science*, 65: 28-39.
- Hairani A, Osaki M, Watanabe T 2016. Effect of Biochar Application on Mineral and Microbial Properties of Soils Growing Different Plant Species. *Soil Science and Plant Nutrition*, 62(5-6): 519–525.
- Ippolito JA, Ducey TF, Cantrell KB, Novak JM, Lentz RD 2016. Designer, Acidic Biochar Influences Calcareous Soil Characteristics, *Chemosphere*, 142: 184–191.
- İnal A, Günes A, Şahin O, Taşkın MB, Kaya EC 2015. Impacts of Biochar and Processed Poultry Manure, Applied to A Calcareous Soil, on the Growth of Bean and Maize. *Soil Use and Management*, 31: 106–113.
- Jahan FN, Shahjalal ATM, Paul AK, Mehraj H, Uddin AFMJ 2014. Efficacy of Vermicompost and Conventional Compost on Growth and Yield of Cauliflower. *Bangladesh Research Publications Journal*, 10 (1): 33-38.
- Jeffery S, Abalos D, Prodana M, Bastos AC, Van Groenigen JW, Hungate BA, Verheijen F 2017. Biochar Boosts Tropical But Not Temperate Crop Yields. *Environmental Research Letters*, 12(5):1-6.
- Jordao CP, Nascentes CC, Cecon PR, Fontes RLF, Pereira JL 2006. Heavy Metal Availability in Soil Amended with Composted Urban Solid Wastes. *Environ. Monit. Assess.*, 112: 309-326.
- Kacar B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara, 705s.
- Kacar B, İnal A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel yayın no:1241, Fen Bilimleri Yayın No:63 Ankara, 892s.
- Kammann C, Ippolito J, Hagemann N, Borchard N, Cayuela ML, Estavillo JM, Fuertes-Mendizabal T, Jeffery S, Kern J, Novak J, Rasse D, Saarnio S, Schmidt HP, Spokas K, Wrage-Mönnig N 2017. Biochar as A Tool to Reduce the Agricultural Greenhouse-Gas Burden– Knowns, Unknowns and Future Research Needs. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25(2): 114-139.
- Karki R 2018. Vermi-Biochar as Alternative to Peat as Growing Substrate for Greenhouse Vegetables. Faculty of Applied Ecology, Agricultural Sciences and Biotechnology. Inland Norway University Of Applied Science. Master thesis, 44s.
- Kishimoto S, Sugiura G 1985. Charcoal as A Soil Conditioner. Symposium on Forest Products Research International Achievements for the Future, 5: 12–23.
- Knapp BA, Ros M, Insam H 2010. *Do Composts Affect the Soil Microbial Community?* In: Insam H, Franke-Whittle I, Goberna M (Eds.), *Microbes at Work: From Wastes to Resources*, Springer, Berlin Heidelberg, 93-114.
- Krull ES, Swanston CW, Skjemstad JO, McGowan JA 2006. Importance of Charcoal in Determining the Age and Chemistry of Organic Carbon in Surface Soils, *Journal of Geophysical Research*, 111: G04001.
- Kurt S 2016. Biyokömür ve Vermikompostun Mısır Bitkisinin (*Zea mays* L.) Kök Bölgesindeki Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bölümü ve Bitki Besleme ABD, Yüksek Lisans Tezi, 45s.
- Lehmann J, Joseph S 2015. Biochar For Environmental Management. (Science, Technology And Implementation Routledge, New York USA: Ed. Lehman J, Joseph S) 1-12.
- Lehmann J 2007. Bio-Energy in the Black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 381-387.
- Lei O, Zhang R 2013. Effects of Biochars Derived from Different Feedstocks and Pyrolysis Temperatures on Soil Physical and Hydraulic Properties, *Journal of Soils and Sediments*, 13(9): 1561–1572.
- Lorenz K, Lal R 2014. Biochar Application to Soil for Climate Change Mitigation by Soil Organic Carbon Sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177: 651–670.
- Major J 2009. Biochar Application to A Colombian Savanna Oxisol: Fate and Effect on Soil Fertility, Crop Production, Nutrient Leaching and Soil Hydrology. Cornell University, Doctoral Dissertation, 841s.
- Major J, Lehmann J, Rondon M, Goodale C 2010. Fate of Soil-Applied Black Carbon: Downward Migration, Leaching and Soil Respiration. *Global Change Biol.* 16: 1366–1379.
- Muralidhara HS 1982. Conversion Of Tannery Waste To Useful Products, Resources and Conservation, 8: 43–59.

- Ni M, Leung DYC, Leung MKH, Sumathy K 2006. An Overview of Hydrogen Production From Biomass. Fuel Processing Technology, 87: 461-472.
- Orozco FH, Cegarra J, Trujillo LM, Roig A 1996. Vermicomposting of Coffee Pulp Using the Earthworm *Eisenia Fetida*: Effects on C and N Contents and the Availability of Nutrients. Biol. Fert. Soils 22: 162-166.
- Ortaş İ 2018. Bioçar'ın Toprak Kalitesi ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri. Organomineral Gübre Çalıştayı, 12 Mayıs 2018, İstanbul.
- Pandit NB, Mulder J, Hale SE, Martinsen V, Schmidt HP, Cornelissen G 2018. Biochar Improves Maize Growth By Alleviation of Nutrient Stress in A Moderately Acidic Low-Input Nepalese Soil. Science of the Total Environment, 625: 1380-1389.
- Pandit NR, Mulder J, Hale S.E, Schmidt HP, Cornelissen G 2017. Biochar from "Kon Tiki" Flame Curtain and Other Kilns: Effects of Nutrient Enrichment and Kiln Type on Crop Yield and Soil Chemistry. PLoS One, 12: e0176378.
- Park JH, Choppala GK, Bolan NS, Chung JW, Chuasavathi T 2011. Biochar reduces the Bioavailability and Phytotoxicity of Heavy Metals. Plant Soil, 348: 439-451.
- Pühringer H 2016. Effects of different biochar application rates on soil fertility and soil water retention in on-farm experiments on smallholder farms in Kenya. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Department of Soil and Environment. Master's Thesis in Environmental Science, 60s.
- Ramnarain YI, Orı L, Ansarı AA 2018. Effect of the Use of Vermicompost on the Plant Growth Parameters of Pak Choi (*Brassica rapa* var. *chinensis*) and On the Soil Structure In Suriname. Journal of Global Agriculture and Ecology. 8(1): 8-15.
- Rehman HA, Razzaq R 2017. Benefits of Biochar on the Agriculture and Environment - A Review. J Environ Anal Chem 4: 207.
- Rizwan M, Ali S, Qayyum M., Ibrahim M, Zia-ur-Rehman M, Abbas T, Ok YS 2016. Mechanisms of Biochar-Mediated Alleviation of Toxicity of Trace Elements in Plants: A Critical Review. Environ. Sci. Pollut. Res. 23 (3): 2230-2248.
- Ros M, Pascual JA, García C, Hernández MT, Insam H 2006. Hydrolase Activities, Microbial Biomass and Bacterial Community in A Soil After Long-Term Amendment with Different Composts. Soil Biology and Biochemistry, 38: 3443-3452.
- Schmidt HP, Kammann C, Niggli C, Evangelou MW, Mackie KA, Abiven S 2014. Biochar and Biochar-Compost As Soil Amendments to A Vineyard Soil: Influences on Plant Growth, Nutrient Uptake, Plant Health and Grape Quality. Agric Ecosyst Environ 191: 117-123.
- Shackley S, Carter S, Knowles T, Middelink E, Haefele S, Haszeldine S 2012. Sustainable Gasification-Biochar Systems, A Case-Study of Rice-Husk Gasification in Cambodia, Part II: Field Trial Results, Carbon Abatement, Economic Assessment and Conclusions. Energy Policy, 41: 618-623.
- Sohi S, Lopez-Capel E, Krull E, Bol R 2009. Biochar, Climate Change and Soil: A Review to Guide Future Research, in CSIRO Land and Water Science Report 05/09, CSIRO, Black Mountain ACT, Australia, 17-31.
- Sohi SP, Krull E, Lopez-Capel E, Bol R 2010. A Review of Biochar and Its Use and Function in Soil. Adv Agron., 105: 47-82.
- Sokchea H, Borin K, Preston TR 2013. Effect of Biochar from Rice Husks (Combusted in A Downdraft Gasifier or A Paddy Rice Dryer) on Production of Rice Fertilized with Biodigester Effluent or Urea. Livestock Research for Rural Development, 25(1): 1-4.
- Sümer SK, Kavdır Y, Çiçek G 2016. Türkiye'de Tarımsal ve Hayvansal Atıklardan Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. KSÜ Doğa Bil. Derg., 19(4): 379-387.
- Şahin G 2013. Organik zeytin yetiştiriciliğinde farklı gübre dozlarının toprak özellikleri, yaprak besin elementi içeriği ve yağ kalitesi üzerine etkileri. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD. Yüksek Lisans Tezi, 121s.
- Tammeorg P, Simojoki A, Mäkelä P, Stoddard FL, Alakukku L, Helenius J 2014. Short-Term Effects of Biochar on Soil Properties and Wheat Yield Formation with Meat Bone Meal and Inorganic Fertiliser on A Boreal Loamy Sand. Agric Ecosyst Environ., 191: 108-116.
- Tejada M, González JL 2009. Application of Two Vermicomposts on A Rice Crop: Effects on Soil Biological Properties and Rice Quality and Yield. Agron. J., 101: 336-344.
- Vaccari FP, Baronti S, Lugato E, Genesio L, Castaldi S, Fornasier F, Miglietta F 2011. Biochar As A Strategy to Sequester Carbon and Increase Yield in Durum Wheat. Eur J Agron., 34: 231-238.
- Wang Y, Xu Y, Li D, Tang B, Man S, Jia Y, Xu H 2018a. Vermicompost and Biochar As Bio-Conditioners to Immobilize Heavy Metal and Improve Soil Fertility on Cadmium Contaminated Soil Under Acid Rain Stres. Science of the Total Environment, 621: 1057-1065.
- Wang L., Xue C, Nie X, Liu Y, Chen F 2018b. Effects of Biochar Application on Soil Potassium Dynamics and Crop Uptake. J. Plant Nutr. Soil Sci., 000: 1-9.
- Yılmaz E, Ozen N, Ozen M 2017. Determination of Changes in Yield and Quality of Tomato Seedlings (*Solanum lycopersicon* cv. *Sedef* F1) in Different Soilless Growing Media. Mediterranean

- Agricultural Sciences, 30(2): 163-168.
- Yılmaz FI, Kurt S 2018. Biyokömür ve Vermikompost Uygulamalarının Toprağın Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 6(2): 143-150.
- Yuan J-H, Xu R-K, Qian W, Wang R-H 2011. Comparison of the Ameliorating Effects on an Acidic Ultisol Between Four Crop Straws and Their Biochars. J. Soils Sediments, 11: 741-750.