

Tarımsal Atıklardan Elde Edilen Biyokömürün Toprak Kalitesi Üzerine Etkisi

Cemile ELMASOĞLU¹, Fulya Eda KUMRAL^{2*}, Bekir ŞİMŞEK³, Çağdaş AKPINAR⁴

^{1,2,3} Yağlı Tohumlar Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Osmaniye

⁴ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Osmaniye

¹<https://orcid.org/0000-0003-0121-314X>

²<https://orcid.org/0000-0002-6150-8532>

³<https://orcid.org/0000-0003-4606-8257>

⁴<https://orcid.org/0000-0003-2783-397X>

* Sorumlu yazar: fulyaedakumral@gmail.com

Derleme

ÖZ

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 28.03.2022

Kabul tarihi: 29.06.2022

Online Yayınlanma: 09.12.2022

Anahtar Kelimeler:

Biyokömür

Tarımsal atık

Sürdürülebilir tarım

Toprak Islahı

Hızla artan dünya nüfusu, tarımsal alanlara yoğun bir baskıyı da beraberinde getirmektedir. Yoğun toprak işleme, iklim faktörleri vb. sebepler topraklarda organik maddenin hızla ayrışması ve beraberinde toprak verimliliğinde kayıplara neden olmaktadır. Organik maddenin hızla ayrışması topraktan atmosfere mineralizasyon yolu ile karbondioksit salınımını da arttırmaktadır. Tarım topraklarında azalan organik madde seviyesini arttırmak için çeşitli hayvan gübreleri ve kompost uygulamaları sıklıkla uygulanan tarımsal yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat iklimsel faktörler ve içerik yönünden bu materyaller hızla ayrışmakta ve toprakta çok uzun süre etkili bir biçimde kalamamaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda organik materyallerin karbon yönünden zenginleştirilerek toprağa verilmesi yönünde uygulamalar yaygınlaşmıştır. Bu uygulamalardan bir tanesi de biyokömür uygulamasıdır. Biyokömür, birçok farklı tipte organik artık malzemenin düşük sıcaklıkta piroliz yoluyla üretilmesidir. Biyokömür olarak adlandırılan bu yöntemde toprağa eklenen biyokömür daha fazla süre toprakta kalabilmekte ve daha uzun zamanda ayrışabilmektedir. Bu yöntem, kentsel alanlarda ve tarımsal üretimde ortaya çıkan atıkların yönetimi için alternatif bir yol sunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, bitki atıklarından elde edilen biyokömürün toprak kalitesi üzerine etkilerini ele alan araştırma sonuçları derlenmiş ve bulguları tartışılmıştır.

Effect of Biochar Produced from Agricultural Wastes on Soil Quality

Review Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 28.03.2022

Accepted: 29.06.2022

Published online: 09.12.2022

Keywords:

Biochar

Agricultural waste

Sustainable agriculture

Soil breeding

The rapidly increasing world population brings in its wake intense pressure on agricultural areas. Intensive tillage and climatic factors, etc., causes give rise to dramatic decreases in organic matter in soils and losses in soil fertility. The rapid decomposition of organic matter increases the release of carbon dioxide from the soil into the atmosphere through mineralization. Animal manure and compost application are frequently applied agricultural methods to increase organic matter levels in fields. However, in terms of climatic factors and content, these materials decompose rapidly and do not remain effective in the soil for a very long time. In recent studies, it has become common to apply organic materials by enriching them in terms of carbon in the soil. One of these applications is the biochar application. Biochar is the production of many different types of organic waste materials at a low temperature with a pyrolysis process. In this method, which is called biochar, the biochar added to the soil can stay in the

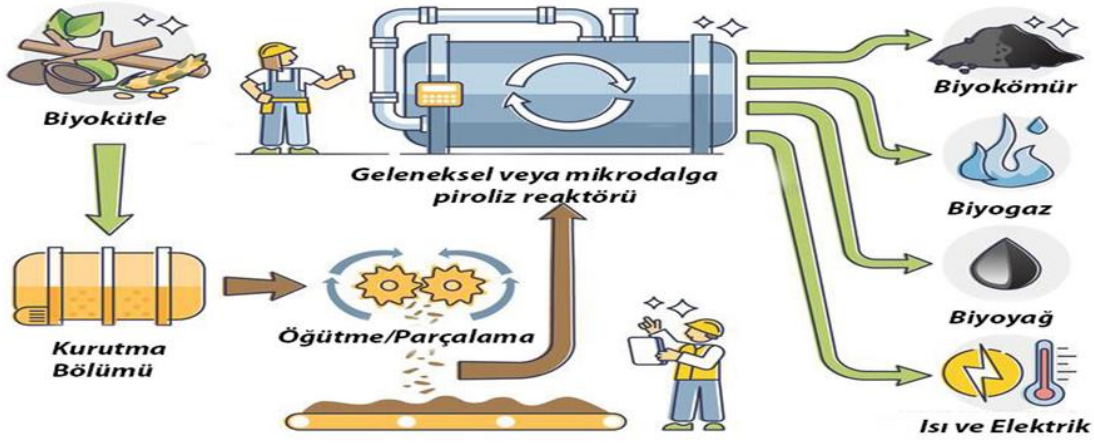
soil for a longer time and decompose for a longer time. This system offers an alternative way to manage organic residues generated in urban areas and agricultural production. In this study, the results of the research conducted to investigate the effects of biochar obtained from plant wastes on soil quality have been compiled and discussed.

To Cite: Elmasoğlu C, Kumral FE, Şimşek B, Akpınar Ç. Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün toprak kalitesi üzerine etkisi. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(2): 328-338.

Giriş

Artan dünya nüfusu ile birlikte gıda ve enerji ihtiyacında da hızlı bir artış görülmektedir. Dünya genelinde fosil yakıtlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Fosil yakıt kaynaklarından dolayı oluşan aşırı ihtiyaç göz önüne alındığında, yakın gelecekte fosil yakıtlar enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yetersiz olacaktır (Moriarty ve ark., 2012). Fosil enerji kaynaklarının sınırlı olması ve bu yakıtların kullanımının çevreye ve iklim değişikliği üzerine olumsuz etkisi göz önüne alındığında, alternatif bir enerji kaynağı kullanılmalıdır (Çitak ve Pala, 2016). Küresel ısınma göz önünde bulundurulduğunda, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji tüketiminin yaklaşık %90 karşılaması gerektiği belirtilmiştir (Jones ve Warner, 2016). Rüzgar, güneş, dalga enerjisi ve biyokütlelerin dönüşümünden elde edilen enerjiler başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar arasında biyokütleyi diğerlerinden ayıran en önemli özelliği karbon kaynağı olmasıdır (Akgül, 2017).

Biyokütlelerin oksijensiz veya sınırlı oksijen içeren bir ortamda yüksek sıcaklık derecelerinde yakılmasına piroliz adı verilmektedir (Kurt ve Koçer, 2010). Piroliz işlemi sonucunda biyo-yag ve granüllü yapıda karbon içeriği yüksek katı fazlardan hidrojen, metan, karbonmonoksit ve karbondioksit gibi gazlar oluşmaktadır. Geniş gözeneklere sahip granüllü bir yapıda olan ve bünyesinde yüksek oranda karbon bulunduran bu maddeye biyokömür denilmektedir (Sümer ve ark., 2016).



Şekil 1. Biyokömür üretim şeması (Carrillo, 2021)

Biyokömür elde edilmesinde kullanılan bir diğer teknik ise hidrotermal karbonizasyon tekniğidir (Çavdar, 2020). Piroliz tekniğinde kuru biyokütlelerden biyokömür ve yan ürünleri elde edilirken, hidrotermal karbonizasyon tekniğinde yüksek basınç altında su ile ısıtılmış biyokütleden biyokömür elde edilir (Günel ve Erdem, 2018; Sönmez ve Çığ, 2019). Birim alandan elde edilen verim artışının yanı sıra biyokömürün, fiziksel ve kimyasal özellikleri göz önünde bulundurulduğunda toprağın, fiziksel, kimyasal yapısını iyileştirme ve toprakta bulunan mikroorganizma varlığında artışları sağlayacağı belirtilmiştir (Madari ve ark., 2017). Biyokömürün toprağın yapısını ve verimliliğini artırmak amacıyla ilk olarak TerraPreta de Indio topraklarında kullanıldığı düşünülmektedir. Amazonlarda bulunan bu topraklar koyu renkli ve verim kapasitesi yüksek topraklardır (Günel ve Erdem, 2018).

Literatür

Dünyanın farklı yerlerinde ve farklı yöntemler ile elde edilen biyokömür, uygulamasının birçok üründe (mısır, yerfıstığı, pirinç, soya fasulyesi vs.) verim üzerine olumlu etkisinin olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar biyokömür uygulaması ile toprağın, su tutma kapasitesi, toprak bünyesindeki mikroorganizma varlığı, çözülmüş azot (N) miktarının arttığını belirtmişlerdir (Clough ve ark., 2013). Ayrıca biyokömür uygulaması ile toprakların fiziksel yapılarında düzelmeler olduğu pH ve iletkenliğin de olumlu yönde etkilendiğini belirtmişlerdir (Yu ve ark., 2013). Biyokömür uygulamaları ile ilgili yapılmış olan çalışmaların bazıları şu şekildedir:

Arın ve Çoşkan (2021), çay budama atıklarının biyokömür olarak kullanılması ve biyokömür uygulamasının Karadeniz Bölgesi topraklarının pH değerine ve toprağın biyolojik aktivitelerine etkilerini incelemek amacı ile farklı oranlarda (%0, %0,5 ve %1) biyokömür

uygulamasını yapmışlardır. Denemeden her 30 günde bir alınan gözlemlerin alındığını ve bu gözlemler sonucunda, biyokömür uygulamasının, toprak pH'sını enzim aktivitelerini, amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) konsantrasyonlarını arttırabileceğini belirtmişlerdir.

Gao ve ark., (2021), yapmış oldukları çalışmada, yerfıstığı yetiştiriciliğinde, organik veya mineral gübreler ile birlikte biyokömür uygulamasının, toprağın mikrobiyal biyokütlesi ve karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, organik gübre ile biyokömürün birlikte kullanılması sonucunda topraktaki mikrobiyal biyokütle karbon (MBC) oranının sadece organik gübre kullanımına kıyasla önemli derecede arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca organik gübre ile biyokömürün birlikte kullanılması ile biriken metan gazı emisyonu %68 oranında azaldığını belirtilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, biyokömür kullanımının toprağın kalitesini iyileştirebileceği ve karbon (C) tutma seviyesini arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Xu ve ark., (2015), yapmış oldukları çalışma sonucunda, biyokömür uygulamasının topraktaki çinko (Zn), potasyum (K) miktarı ve toplam karbon, nitrojen ve C:N oranını arttırdığını, biyokömür uygulamasının sulama ve gübreleme ile arasında etkileşimin önemsiz olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, tarla koşullarında yerfıstığı yetiştiriciliğinde farklı sulama ve gübreleme oranları ile biyokömür uygulamasının yerfıstığı kalitesini iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Khadem ve ark., (2021), iki farklı (kumlu-tınlı ve killi ve kireçli) yapıya sahip olan topraklara biyokömür uygulamasının mikrobiyal aktiviteler ve toprağın özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacı ile yapmış oldukları çalışma sonucunda, biyokömür uygulamasının toprak pH, iletkenlik ve potasyum içeriğini arttırdığını belirtmiştir. Ayrıca kurak topraklarda biyokömür uygulamalarının topraktaki mikrobiyal aktiviteleri arttırdığını gözlemlenmiştir.

Lu ve ark., (2020), yapmış oldukları çalışmanın sonucunda, biyokömür uygulamasından sonra yapılan gözlemlerde topraktaki toplam karbon, azot, fosfor, organik madde oranı ve su seviyesinin kontrol olarak denemeye alınan biyokömür uygulanmamış toprağa göre yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Biyokömür uygulamasının topraktaki mikroorganizma varlığı üzerine etkisinin olumlu yönde olduğunu ve yapısı bozulmuş toprakların ıslah edilmesinin yanısıra yapılarının iyileştirilmesinde de biyokömür kullanımının tavsiye edilebileceğini belirtmişlerdir.

Dai ve ark., (2020), yapmış oldukları çalışmada, biyokömür uygulamasının toprak yapısı ve bitkisel yetiştiricilik üzerine etkilerini incelemek amacıyla yürütmüş olduğu çalışmada, biyokömür uygulaması sonucunda, toprağın pH değeri, katyon değişim kapasitesi

ve topraktaki toplam karbon oranında artışlar olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca kumlu ve asidik topraklarda biyokömür uygulamaları sonucunda bitkisel verimlilik artmıştır.

He ve ark., (2020), tuzlu-alkali toprakta *Miscanthus* (Fil Çimeni) bitkisinin büyümesi üzerine etkilerini belirlemek amacı ile sera koşullarında farklı seviyelerde (%0; %1,0; %2,0; %2,5; %5,0 ve %10,0) biyokömür uygulaması denemişlerdir. Yürütmüş oldukları çalışmada, %2 ve %2,5 oranlarında biyokömür uygulamasında, toprağın fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediğini ve Fil Çimeni yetiştiriciliği üzerine etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca toprak nemini, topraktaki organik madde miktarı ile topraktaki azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının önemli derecede arttığını, toprağın pH ile birlikte sodyum iyonu ve değişebilir sodyum yüzdesinde de azalma olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmacılar ayrıca, biyokömür uygulamasından sonra topraktaki bakteri topluluğunun çeşitliliğinin arttığını, bu artışta topraktaki azotve fosfor döngüsü olumlu etkilemesi ile toprağın fizikokimyasal özelliklerinin iyileştiğini gözlemlemişlerdir.

Liu ve ark., (2020), biyokömür kullanımının alkali toprakta yetiştirilen soya fasulyesi verimine ve toprağın fizikokimyasal yapısı üzerine etkilerini belirlemek üzere saksı denemesi olarak yürüttükleri bu çalışmada, alkali toprağa %0;%2,5; %5 ve %10 oranında biyokömür karıştırılmıştır. Biyokömür karıştırılması sonucunda toprağın, su tutma kapasitesi, toplam karbon ve azot oranı artmıştır. Ayrıca %5 oranında biyokömür karışımında yetiştirilen soya fasulyesinden maksimum bakla verimi elde edilmiştir ve bu oran %10 seviyesine çıkarıldığında bakla veriminde azalma görülmüştür.

Özenç ve ark., (2019), fındık hasat artıklar (zuruf) ve fındık kabuklarından oluşturdukları biyokömür 3 farklı oranda (dekara 3 ton, 6 ton ve kontrol olarak) karıştırılmıştır. Bütün karışımlar 1 ay, 2 ay, 3 ay ve 4 ay süre ile inkübasyona bırakılmıştır ve sonrasında toprağın fiziksel biyolojik ve kimyasal özelliklerindeki değişimler sonucunda biyokömür uygulama dozu arttıkça incelenen bütün özelliklerde artış olduğunu belirtmişlerdir. İnkübasyon sürelerinin ise incelenen özellikler üzerinde farklı etkileri olduğunu belirterek;

- 1 aylık inkübasyon süresinde, demir, mangan, çinko ve bakır içeriklerinin en yüksek değerlere ulaştığını ve toprağın biyolojik özellikleri üzerine etkisinin en fazla olduğunu,
- 2 aylık inkübasyon süresinde, potasyumun (ekstrakte edilebilir) ve mikrobiyal biyokütle- C değerinin en yüksek seviyede olduğunu,

- 3 aylık inkübasyon süresinde, kolay alınabilir su yüzdesi, topraktaki organik madde miktarı, agregat stabilitesi ve bitkiye yararlı fosfor miktarının en yüksek seviyede olduğunu,
- 4 aylık inkübasyon süresinde, toprağın havalanma kapasitesi, doyumluk yüzdesi, hidrolik ve elektriksel iletkenliği en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Araştırmacılar yaptıkları tüm analiz ve incelemeler sonucunda, biyokömür uygulamasının toprak özelliğini iyileştirdiğini ve dekara 3 ton uygulamasının yeterli olacağını belirtmişlerdir.

Mahmoud ve ark., (2019), Mısır'da 2013/14 ve 2014/15 yetiştirme sezonlarında, biyokömür, tuzdan etkilenen toprakların ıslah edilmesi yöntemiyle toprağın verimliliğini artırmak için önemli bir kaynak olabileceği düşüncesi ile yürütmüş oldukları çalışmada, odun talaşı ve mısır sapından elde ettiği biyokömürü 5,10 ve 19 ton/ha olarak uyguladığını belirtmiştir. Bu çalışma sonrasında, biyokömürün toprak organik maddesini, mikrobiyal biyokütleyi, topraktaki mevcut fosfor konsantrasyonunun önemli ölçüde arttırdığını ancak sodyum yüzdesini ve elektrik iletkenliğini azalttığını belirtmiştir. Ayrıca biyokömürün tuzlu toprakların ıslahında ve toprağın verimliliğini arttırmak için kullanılabileceğini belirtmiştir.

Qian ve ark., (2019), bitki yetiştirme ortamına dört farklı oranda (%0, %1, %5 ve %10) karıştırılan biyokömürün, iki farklı (Tiefeng 3 ve Liaodou 13) soya fasulyesi çeşidi verimi üzerine etkilerini belirlemek için yürüttükleri çalışmada, araştırmacılar her iki soya fasulyesi çeşidinde de biyokömür uygulaması ile sakkaroz fosfat sentetaz, sakkaroz sentetaz, nitrojen denge indeksi ve klorofil indeksi gibi özellikleri ile yapraktaki nişasta oranının biyokömür uygulaması ile arttığını belirtmiştir. Liaodou 13 soya fasulyesi verimi biyokömür oranı %5 olduğunda, %31 artış göstermiştir. Biyokömür oranı %10'a çıkarıldığında Liaodou 13 soya fasulyesinde bakla verimi %51 gibi önemli bir oranda artmıştır. Tiefeng 3 soya fasulyesi çeşidinde de en yüksek bakla verimi %10 oranında biyokömür uygulamasından elde edilmiştir. Sonuç olarak biyokömür uygulamasının, soya fasulyesinde verim ve biyokütle birikimini arttırdığını belirtmiştir.

Sönmez ve Çığ (2019), farklı dozlarda (%0, %5, %10 ve %20) biyokömür ve solucan gübresinin bitki ve topraktaki, potasyum, bakır, sodyum, magnezyum, kalsiyum, demir, mangan ve çinko miktarları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, bitki kök üstü organ, kök ve toprakta yaptıkları analizlerde biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının kontrol örneğine göre besin elementi içeriği üzerine önemli etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca %20 oranında biyokömür uygulamasının solucan gübresi kadar etkili

olduğunu ve biyokömürün iyi bir toprak düzenleyici ve organik gübre olabileceğini belirtmişlerdir.

Arabi ve ark., (2018), İran'da yürütmüş oldukları çalışmada, biyokömür ve biyo-gübre ile toprak ıslahının soya fasulyesi verimi üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmada dört farklı (0, 2, 5, 8 ve 16 ton/ha) biyokömür ve yaprakdan iki farklı biyo-gübre uygulaması (aşılama yapılan ve aşılama yapılmayan) yapıldığını, uygulamanın soya fasulyesinde verim ve hasat indeksi üzerine etkisinin önemli olduğunu belirtmiştir. En yüksek hasat indeksi (%56,9) ve en yüksek (%17,7) yağ içeriğinin, 8 ton/ha biyokömür uygulaması ve biyo-gübre aşılama yapılan yapıldığı uygulamadan elde edildiğini, yine aynı uygulamada en yüksek tane veriminin (3440 kg/ha) elde edildiğini belirtmiştir. Biyokömür ve biyo-gübrenin birlikte kullanıldığı uygulamaların soya fasulyesinde tane verimini %51 oranına kadar artırabileceğini belirtmişlerdir.

Torun (2018), tarımsal artıklardan birisi olan zeytin pirinasının toprağa uygulanmasının toprak yapısı ve toprak verimlilik parametreleri üzerine etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada, iki farklı formda pirina türünü (düz pirina olarak ve piroliz işleminden geçirilip biyokömür olarak) birisi kontrol dozu olmak üzere 4 farklı (0;0,5; 1,0 ve 1,5 ton/dekar) dozda uygulamıştır. Her iki uygulamada da azot başta olmak üzere toprak yapısındaki makro elementlerde artış sağlandığı belirtilmiştir. Ayrıca toprağın fiziksel özelliklerinden toprağın hacim ağırlığı, agregat büyüklüğü ve stabilitesi dağılımının her iki uygulamadan da önemli derecede etkilendiğini belirtmiştir. Araştırmacı, her iki uygulamanın da toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olumsuz etkisinin olmadığını, aksine her iki uygulama sonucunda toprağın yapısındaki, nem içeriği, organik madde, agregat stabilitesi, organik karbon içeriğini arttırdığını, toprağı yapısını makro ve mikro besin elementleri bakımından zenginleştirdiğini ve topraktaki sıkışmayı önlediğini belirtmiştir. Sonuç olarak dekara 1 ton zeytin pirinası ve biyokömür uygulamasının toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olumlu etkilerinin olabileceğini belirtmiştir.

Abujabhah ve ark., (2016), Avustralya da yürütmüş oldukları olan çalışmada, akasya yeşil atıklarından elde edilen biyokömür ve kompost uygulamasının toprağın yapısı üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan her iki uygulama sonucunda toprak pH'nda azalma, organik karbon içeriğinde ise artışlar görüldüğünü belirtmiştir.

Glab ve ark., (2016), kumlu topraklara uygulanan biyokömürün boyut ve miktarının toprak özellikleri ve toprağın yapısı üzerine etkilerini belirlemek amacı ile 2014 yılında kurulan saksı denemesinde, 3 farklı partikül büyüklüğünde (0–500 µm, 500–1000 µm ve 1000–2000 µm) hazırlanan biyokömür örnekleri, saksılara 4 oranda (%0,5;%1; %2 ve %4)

uygulanmıştır. Araştırmacı araştırma sonrasında, biyokömür uygulamasının toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirdiğini, toprağın su tutma kapasitesini yükselttiğini belirtmiştir.

Liu (2015), yürütmüş olduğu çalışmada, toprağın, biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla biyokömür kullanmış, biyokömür uygulaması ile topraktaki çözünmüş olarak bulunan organik karbon ve nitrojen, mikrobiyal kütle ve toprağın heterotrofik solunumunu arttırdığını gözlemlemiştir. Araştırmacı ayrıca biyokömür uygulamasından sonra topraktaki mevcut besin maddelerinin iyileşmesini ve mikrobiyal aktiviteleri arttırdığı sonucuna ulaşmıştır.

Jien ve Wang (2013), yapmış oldukları çalışmada, asidik bir yapıya sahip olan ultisol topraklara bitki artıklarından atıklarından elde edilen biyokömürün üç farklı oranda (%0; %2,5 ve %5) uygulaması sonucunda ultisolün fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Araştırmacılar, toprağın kation yüzdesinde, pH seviyesinde ve kation değişim kapasitesi de önemli artışların olduğunu belirtmiştir. Ayrıca biyokömür uygulamasının toprak erozyonunu engellediğini ve %5'lik biyokömür uygulamasının toprağın fizikokimyasal yapısı üzerine olumlu etkilerinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Sonuç olarak yapılan araştırmalara göre, biyokömür iyi bir toprak düzenleyicisi olarak sürdürülebilir tarımda kullanılmaktadır. Biyokömürün piroliz işlemi sonrasında alkali bir yapıya sahip olması uygulama yapılacak topraklarda dikkat edilmesi gereken bir husustur. Tarımsal uygulamalar neticesinde ortaya çıkan atıkların karbonlaştırılarak toprağa tekrar uygulanması organik madde yönünden fakir topraklarımıza olumlu katkı sağlayacaktır. Biyokömürün toprak ıslahı için uygulanması ve biyokömürün toprak işleme için gelecekteki araştırma ve uygulamalarda kullanımı tarım, çevre ve sürdürülebilirlik açısından son derece büyük bir önem taşımaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynaklar

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.

Akgül G., 2017. Biyokömür: üretimi ve kullanım alanları. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(4): 485-499.

Arabi Z, Eghtedaey H, Gharehchmaghloo B, Faraji A., 2018. Effects of biochar and bio-fertilizer on yield and qualitative properties of soybean and some chemical properties of soil. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(21): 1-9.

Arın A, Çoşkan A., 2021. Biyokömür uygulamalarının Karadeniz bölgesi toprağının pH'sına ve bazı biyolojik aktivite parametrelerine etkileri. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 187-199.

Carrillo R., 2021. Carbon farming in vigneto, i vantaggi del biochar e del CB Mix. Erişim Tarihi: 23/03/2022. <https://vigneviniequalita.edagricole.it/vigneto/sostenibilita-vigneto/carbon-farming-in-vigneto-i-vantaggi-del-biochar-e-del-cb-mix/>

Clough TJ, Condon LM, Kammann C, Müller C., 2013. A review of biochar and soil nitrogen dynamics. *Agronomy*, 3(2): 275-293.

Çavdar AD., 2020. Yeni nesil fonksiyonel karbon malzemeler "Biyokömür". *Academic Studies in Agriculture, Forestry and Aquaculture-II*, 105.

Çitak E, Pala PBK., 2016. Yenilenebilir enerjinin enerji güvenliğine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25, 79-102.

Dai Y, Zheng H, Jiang Z, Xing B., 2020. Combined effects of biochar properties and soil conditions on plant growth: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 713, 136635.

Gao M, Yang J, Liu C, Gu B, Han M, Li J, Han X., 2021. Effects of long-term biochar and biochar-based fertilizer application on Brown earth soil bacterial communities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 309, 107285.

Głab, T., Palmowska J., Zaleski T., Gondek K., 2016. Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. *Geoderma*, 281: 11-20.

Günel E, Erdem H., 2018. Biyokömür; tanımı, kullanımı ve tarım topraklarındaki etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2): 87-93.

He K, He G, Wang C, Zhang H, Xu Y, Wang S, Hu R., 2020. Biochar amendment ameliorates soil properties and promotes *Miscanthus* growth in a coastal saline-alkali soil. *Applied Soil Ecology*, 155, 103674.

Jien SH, Wang CS., 2013. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena*, 110, 225-233.

Jones GA, Warner KJ., 2016. The 21st Century population-energy-climate nexus. *Energy Policy*, 93, 206-212.

Khadem A, Raiesi F, Besharati H, Khalaj MA., 2021. The effects of biochar on soil nutrients status, microbial activity and carbon sequestration potential in two calcareous soils. *Biochar*, 3(1): 105-116.

Kurt G, Koçer NN., 2010. Malatya ilinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26(3): 240-247.

Liu D, Feng Z, Zhu H, Yu L, Yang K, Yu S, Guo W., 2020. Effects of corn straw biochar application on soybean growth and alkaline soil properties. *Bio Resources*, 15(1): 1463-1481.

Liu J., 2015. The application of biochar as a soil amendment in land reclamation. <https://era.library.ualberta.ca/items/01e558bf-9cec-4c44-bb46-d999cf68ade8>

Lu H, Yan M, Wong MH, Mo WY, Wang Y, Chen XW, Wang JJ., 2020. Effects of biochar on soil microbial community and functional genes of a land fill cover three years after ecological restoration. *Science of the Total Environment*, 717, 137133.

Madari BE, Silva MA, Carvalho MT, Maia AH, Petter FA, Santos JL, Zeviani WM., 2017. Properties of a sandy clay loam haplic ferralsol and soybean grain yield in a five-year field trial as affected by biochar amendment. *Geoderma*, 305, 100-112.

Mahmoud E, El-Beshbeshy T, Abd El-Kader N, El Shal R, Khalafallah N., 2019. Impacts of biochar application on soil fertility, plant nutrients uptake and maize (*Zea mays* L.) yield in saline-sodic soil. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(23): 1-9.

Moriarty P, Honnery D., 2012. What is the global potential for renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1): 244-252.

Özenç DB, Yılmaz FI, Tarakçıoğlu C, Aygün S., 2019. Fındıktan üretilen atıkların toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 7-13.

Qian ZHU, Kong LJ, Shan YZ, Yao XD, Zhang HJ, Xie FT, Xue AO., 2019. Effect of biochar on grain yield and leaf photosynthetic physiology of soybean cultivars with different phosphorus efficiencies. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(10): 2242-2254.

Sönmez F, Çığ F., 2019. Artan dozdaki biyokömür ve solucan gübresi uygulamalarının buğdayda ve toprakta besin elementi içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(4): 526-536.

Sümer SK, Kavdır Y, Çiçek G., 2016. Türkiye’de tarımsal ve hayvansal atıklardan biyokömür üretim potansiyelinin belirlenmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 19(4): 379-387.

Torun S., 2018. Farklı karakteristiğe sahip zeytin pürinası uygulamalarının bazı toprak verimlilik parametreleri üzerine etkileri. <http://acikerisim.akdeniz.edu.tr/handle/123456789/3490>

Yu OY, Raichle B, Sink S., 2013. Biyokömürün tınlı kumlu toprağın su tutma kapasitesi üzerindeki etkisi. Uluslararası Enerji ve Çevre Mühendisliği Dergisi, 4(1): 1-9.

Xu CY, Bai SH, Hao Y, Rachaputi RC, Xu Z, Wallace HM., 2015. Peanut shell biochar improves soil properties and peanut kernel quality on a red ferrosol. Journal of Soils and Sediments, 15(11): 2220-2231.