



## Harran Ovası Kireçli Killi Toprak Özellikleri Üzerine Antepfıstığı Dış Kabuğu Biyokömür Uygulamasının Etkisi

Ebru Pınar SAYGAN<sup>1\*</sup>, Salih AYDEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar: ebrusaygan@hotmail.com

### Öz

Antepfıstığı dış kabuğu biyokömürü (FDKB) uygulamalarının, toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla, Harran Ovası İkizce serisi toprağı ve FDKB kullanılarak 180 günlük bir inkübasyonu çalışması kurulmuştur. Bu kapsamda, biyokömür materyali % 0 - 0.2 - 0.4 - 0.6 - 1.2 ve 2.4 doz oranında olmak üzere toprak örneğı ile homojen bir şekilde karıştırılmış ve tarla kapasitesinin % 65'i oranında nemlendirilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre dizayn edilmiştir. İnkübasyon süresince toprak örneklemeleri 15, 60, 120 ve 180. günlerde yapılmıştır. Alınan toprak örneklerinde pH, organik madde (OM), toplam karbon (TC), toplam azot (TN), yarıyıllı fosfor (P), katyon değişim kapasitesi (KDK), değişebilir katyon (DK) ve çözünebilir katyon (ÇK) değerleri belirlenmiştir. Deneme sonuçlarına göre elde edilen aralık değerlerinin; Toprak pH 'sı 7.9, OM % 0.92-2.43, TC % 12.55-41.87, TN % 0.29-1.47, P 2.73-13.47 mg kg<sup>-1</sup>, KDK 31-42 cmol kg<sup>-1</sup>, ÇCa<sup>+2</sup> 3.72-27.23 me l<sup>-1</sup>, ÇK<sup>+</sup> 0.45-1.53 me l<sup>-1</sup>, ÇMg<sup>+2</sup> 0.39-2.62 me l<sup>-1</sup>, ÇNa<sup>+</sup> 0.84-11.61 me l<sup>-1</sup>, DCa<sup>+2</sup> 27.87-37.74 cmol kg<sup>-1</sup>, DK<sup>+</sup> 0.63-1.63 cmol kg<sup>-1</sup>, DMg<sup>+2</sup> 0.99-1.89 cmol kg<sup>-1</sup>, DNa<sup>+</sup> 0-0.02 cmol kg<sup>-1</sup> değerleri arasında değiştiğı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre artan doza bağılı değerlerde artış olduğu görülmüştür. Örnekleme zamanı bakımından ise OM dışındaki tüm sonuçlarda artan süreyle değerlerin yükseldiğı tespit edilmiştir. En yüksek değer 180. gün % 2.4 uygulamalarında, en düşük ise 15. gün % 0 uygulamalarında belirlenmiştir. Organik madde için en yüksek değer 15. gün % 2.4 ve en düşük değer 180. gün % 0 uygulamalarında görülmüştür. Genel olarak bakıldığında, FDKB materyalinin çalışılan topraklarda, organik toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilecek bir potansiyele sahip olduğu değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Harran ovası, biyokömür, antepfıstığı dış kabuğu, kireçli killi toprak

### Pistachio Shell Biochar Effects on Calcerous Clay Soil Properties of the Harran Plain Southeastern Turkey

#### Abstract

The objective of this study is to evaluate the effect of pistachio shells biochar (PSB) on soil properties. An incubation study was established using soil (Ikizce Series) and PSB during 180 days with 0- 0.2- 0.4- 0.6- 1.2 and 2.4% rates of biochar. Soils and biochar were mixed well and wetted with water about 65 % of field capacity. Experiment was designed as completely randomized. Soil samplings were done during the 15<sup>th</sup>, 60<sup>th</sup>, 120<sup>th</sup> and 180<sup>th</sup> days. The pH, organic matter (OM), total carbon (TC), total nitrogen (TN), available phosphorus (P), cation exchange capacity (CEC), exchangeable and soluble cation (ExC and SC) amounts were determined in the soil samples. According to the results; soil pH 7.9, OM 0.92-2.43%, TC 12.55-41.87%, TN 0.29-1.47%, P 2.73-13.47 mgkg<sup>-1</sup>, CEC 31-42 cmolkg<sup>-1</sup>, SCa<sup>+2</sup> 3.72-27.23 me l<sup>-1</sup>, SK<sup>+</sup> 0.45-1.53 me l<sup>-1</sup>, SMg<sup>+2</sup> 0.39-2.62 me l<sup>-1</sup>, SNa<sup>+</sup> 0.84-11.61 me l<sup>-1</sup>, ExCa<sup>+2</sup> 27.87-37.74 cmolkg<sup>-1</sup>, ExK<sup>+</sup> 0.63-1.63 cmolkg<sup>-1</sup>, ExMg<sup>+2</sup> 0.99-1.89 cmolkg<sup>-1</sup>, and ExNa<sup>+</sup> 0-0.02 cmolkg<sup>-1</sup> ranged values were determined. As a result, increasing rates showed increasing trend on soil properties. Moreover; in all analysis results, without organic matter, indicated an increasing trend with increasing sampling days. It was determined that the highest values were in 180 days with 2.4% treatment and the lowest was 15 days with 0%. Organic matter results were observed to the highest value of 15 days with 2.4% treatment, and the

lowest was 180 days with 0%. Overall, the PSB application was evaluated having a potential to be used as an organic soil conditioner to calcareous clay soils.

**Keywords:** Harran Plain, Biochar, Pistachio shells, calcareous clay soil

## Giriş

Ülkemizde Antepfıstığı üretimi yaygın olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi (Gaziantep, Şanlıurfa, Adıyaman, Siirt) ve Kahramanmaraş illerinde gerçekleşmekte ve üretimin yaklaşık olarak % 90'ını bu illerimiz karşılamaktadır. Dünya'da 2015 yılına ait antepfıstığı toplam üretim miktarı 1.023.000 ton olup, Türkiye 144.000 ton üretim miktarı ile İran ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'den sonra dünyada en fazla üretim alanına sahip olan üçüncü ülke durumundadır (TUİK, 2015). Artan üretim miktarına paralel olarak ürün artıklarında da aynı oranda artışlar meydana gelmektedir. Bu nedenle, bölgede yaygın olarak yetiştirilen antepfıstığı dış kabuğu artıklarının biyokömüre (biochar) dönüştürülerek tarım arazilerinde kullanılması bu organik artıkların üretime katılmasına ve sürdürülebilir tarımın desteklenmesine önemli bir katkı sağlayabilecektir. Biyokömür, tarımsal artıkların oksijensiz veya az oksijenli koşullar altında karbon (C) bazlı ham materyalin karbonizasyon veya piroliz işleminden geçirildikten sonra organik materyallerin kömürleşmiş bir yapıya sahip olmasına verilen isimdir. Başka bir tanımda ise biyokömür, ürün kalıntılarının, hayvan gübrelerinin ya da diğer organik atık materyallerin yüksek sıcaklıkta ısıtılması ile elde edilen materyallerdir. Piroliz, Yunanca kelime anlamı "pyro" ateş "lysis" ayrışma ya da oluşan parçacıkların değişime uğramasıdır (Verheijen ve ark., 2009). Biyokömürün özellikleri elde edilme aşamasında kullanılan ham materyallere ve piroliz işlem koşullarına bağlıdır. Kimyasal bileşimi oldukça

heterojendir, hem stabil hem de kararsız bileşenler içermektedir (Sohi ve ark., 2010). Biyokömür ve toprak karıştırıldığında toprak organik madde içeriği artmaktadır (Warnock ve ark., 2007; Steiner ve ark., 2008).

Biyokömür, karbon tutulmasını ve toprak özelliklerini geliştirmek için toprak iyileştiricisi olarak ta kullanılmaktadır (Lehmann ve Joseph, 2009; Verheijen ve ark., 2009). Farklı materyallerden farklı metotlar kullanılarak elde edilen biyokömürlerin tarımsal amaçlı toprak iyileştirici yönüyle değerlendirildiğinde toprağa sağladığı faydalar genel olarak şu şekilde sıralanmıştır; Biyokömür uygulamaları, besin maddelerinin yıkanmasını engellemiş, KDK'yı artırmış, toprakta kullanılan biyokömürün özelliğine bağlı olarak toprak pH'sını değiştirmiş, toprağın su tutma kapasitesini artırmıştır (Lehmann ve Rondon, 2006; Kolb ve ark., 2009; Jeffery ve ark., 2001). Biyokömür uygulandığında, Toprak pH'sını artırarak metallerin hareketliliğini azaltmaktadır (Peng ve ark., 2011; Dong ve ark., 2011), uygulama sonrasında toprak pH'daki artış biyokömürün kül içeriğine bağlanabilir (Chirenje ve Lena, 2002). Hoshi, (2001) ve Van Zwieten ve ark., (2007) yaptıkları çalışmalarda çay ve buğday artıklarından elde edilen biyokömür uygulandığında toprak pH'sının arttırdığını rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada da, toprağa biyokömür eklendiğinde toprağın KDK ve besinlerin tutunma kapasitesi arttığı belirlenmiştir (Rondon ve ark., 2007). Peng ve ark., (2011), toprağın KDK değerinin biyokömür uygulaması ile % 17 oranında arttığını rapor etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, biyokömür uygulaması ile (elde

edilen materyale bağlı olarak) KDK değeri başlangıçtaki değerine göre % 40'ın üzerinde bir artış gösterirken, toprak pH'sında bir birimlik bir artış görülmüştür (Tryon, 1948; Mikan ve ark., 1995; Topoliantz ve ark., 2002). Çin' de yapılmış olan bir çalışmada ise pH' sı 8.27 olan toprakta mısır artıklarından elde edilen biyokömür materyalinin farklı dozları (% 0, 2, 4 ve 8) kullanılarak 42 günlük bir inkübasyon denemesi kurulmuştur. Çalışmada biyokömür uygulama dozlarının toprakların pH ve yarayışlı fosfor (P) özellikleri üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonunda biyokömür uygulamalarının; Yüksek pH içeriğine sahip olan toprakta pH üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Biyokömür uygulamalarının toprakların yarayışlı P içeriğine olan etkisinin sırası ile 13, 53, 93, 137 mg kg<sup>-1</sup> değerlerinde artan oranlarda olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, mısırdan elde edilmiş biyokömür uygulamalarının alkalın toprakların yarayışlı P içeriğini artırmada etkin olduğunu ortaya koymuştur (Zhai ve ark., 2014). Tarım topraklarında biyokömür kullanımı ile P'nin yarayışlılığını artırılabilir ve P'li gübre kullanımındaki miktarın azaldığı belirlenmiştir (Soenne ve ark., 2014). Yapılan başka bir çalışmada, Hindistan'da pH değeri 8.42 olan bir toprak kullanılarak prosopis ağaçlarından elde edilen biyokömürün (pH 7.57) farklı dozları (% 0, 1, 2, 3, 4 ve 5) 5 kg toprak örneği ile karıştırılmış ve 90 gün süresince 25 ± 2 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Deneme sonuçlarına göre; inkübasyon süresince farklı oranlarda biyokömür uygulandığında toprak pH'sı 7.92' ye düşmüş ve başlangıçta KDK 17.9 cmol kg<sup>-1</sup> iken % 5 biyokömür uygulamalarında 19.47 cmol kg<sup>-1</sup> değerine yükselerek önemli bir artış gözlenmiştir.

Biyokömür uygulanma oranının artması ile organik C içeriği inkübasyonun 90'ıncı gününde daha da artmıştır. Mineral N (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) değerlerinde ise inkübasyon süresinin artması ile önemli bir azalma gözlemlenmiştir (Shenbagavalli ve Mahimairaja, 2012). Biyokömür uygulamaları; gübrelerden kaynaklanan emisyonları azaltarak uygulanacak gübre gereksinimlerini azaltmaktadır ve bunun yanında, biyokömürler aynı zamanda toprağa fazla miktarda C'yi bağlamaktadır (IBI, 2008). Biyokömürün doğal olarak toprak organik C'nin ayrışmasını azalttığı ve toprakta C'nin tutulması üzerinde potansiyel bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Lu ve ark., 2014).

Bu çalışma ile OM miktarı (% 1'in altına seyreden) kireçli killi topraklarda Türkiye'de ortalama olarak (TUİK, 2015) verilerine göre yılda 80.597 ton üretilen antepfıstığı dış kabuğundan elde edilen biyokömür materyalinin etkisi araştırılmıştır. Yapılmış olan çalışmalarda ulusal ve uluslararası düzeyde antepfıstığı dış kabuğu biyokömür materyalinin toprak iyileştiricisi olarak etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma bu yönü ile önemli bir eksikliği giderme açısından önem kazanmaktadır.

### **Materyal ve Metot**

Çalışmada kullanılmak üzere antepfıstığı dış kabukları (FDK) toplanarak karbonizasyon yöntemi ile biyokömür materyali elde edilmiştir. Bu aşamada sıcaklık (250 °C) sabit tutulmuştur. Elde edilen bu biyokömür materyali 2 mm'lik elekten geçirilerek inkübasyon denemesinde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Antepfıstığı dış kabuğunun ham materyal ve biyokömür görüntüsü  
Figure 1. Pistachio shells raw and biochar material images

Karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömür materyalinin elde edilmeden önce ve elde edildikten sonraki morfolojik olarak yapısal farklılıklarını görmek için (ZEIS EVO 50) taramalı elektron mikroskopunda (mikron boyutunda) görüntüler incelenmiştir (Dixon ve White, 2000).

İnkübasyon çalışması için Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eyyübiye kampüsü araştırma alanından (İkizce serisi) 0-30 cm derinlikten toprak örnekleri alınarak hava kuru olarak öncelikle 2 mm elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Alınan toprak örneğine ait yapılan analiz sonuçları (Çizelge 1)'de verilmiştir.

Çizelge 1. İnkübasyon çalışmasında kullanılan toprak örneği analiz sonuçları verilmiştir

Table 1. Results of the soil sample analysis used in the incubation studies

Toprak örneği Soil sample	Toplam C (%) Total C (%)	Toplam N (%) Total N (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	Tarla Kapasitesi (%) Field capacity (%)	Kireç (%) Lime (%)	Tekstür sınıfı Textural classes
Harran Ovası (İkizce serisi) Harran Plain (Ikizce series)	1.79	0.11	0.20	8.01	32.46	10.92	Killi

Toprak örnekleri ağırlık esasına göre antepfıstığı dış kabuğu biyokömürü (% 0 - 0.2 - 0.4 - 0.6 - 1.2 ve 2.4 doz oranlarında) ve 350 g toprak örneği ile homojen bir şekilde karıştırılıp tarla kapasitesinin % 65 oranında nemlendirilmiştir. Bu aşamada ağırlık bazında periyodik ölçümler ile oluşan su kaybı belirlenmiş ve ilave edilmiştir. İnkübasyon çalışması kapsamında toplam 72 adet örnek kabı kullanılmış olup karışımları içeren

kaplar, 25 ± 2 °C'de ve istenilen nem oranının sağlanacağı bir iklim odasında (inkübatör'de) muhafaza edilmiştir.

İnkübasyon denemesi 3 tekerrürlü olarak toprak örnekleme zamanları 15, 60, 120, ve 180 gün örnekleri (4 farklı örnekleme zamanı) için yapılmış ve inkübasyon çalışması tesadüf parselleri deneme desenine göre dizayn edilmiştir. İnkübasyon çalışmasında örnekleme zamanı dolduğunda ilgili zamana

ait olan örnekler inkübasyon odasından alınarak analizler için hazır hale getirilmiştir.

Hazır hale getirilen bu toprak örneklerinde, toprak pH'sı (Thomas, 1996), organik madde (Nelson, 1982), yarıyıllı fosfor (Olsen ve ark, 1954), toplam karbon (LECO, 2005), toplam azot (Bremner, 1996), katyon değişim kapasitesi (KDK) (Sumner, 1996), değişebilir katyon (DK) ( $Ca^{+2}$ ,  $Na^{+}$ ,  $Mg^{+2}$  ve  $K^{+}$ ) (Thomas, 1982) ve çözünebilir

### **Araştırma Bulguları ve Tartışma**

Antepfıstığı dış kabuğu materyalinin ham materyal ve biyokömür elde edildikten sonra morfolojik olarak yapısal farklılıkları görmek için materyaller taramalı elektron mikroskopunda 30  $\mu m$  boyutunda (Şekil 1)'de incelenmiştir. Kabuğun dış yüzeyi bal peteği görünümlü ((a), (b)), iç kısmı ise solucan kıvrımlı ((c), (d)) bir morfolojik yapıya sahip olduğu görülmüştür. Ham materyal ve biyokömür materyalinin morfolojisi kıyaslandığında, biyokömür formunun, ham materyalle göre deforme olmuş bir görünüme sahip olduğu ve çok daha fazla yüzey alanı oluşturma potansiyeli gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum dış ve iç yüzeyde de kendini göstermektedir (Şekil 2).

katyon ( $Ca^{+2}$ ,  $Na^{+}$ ,  $Mg^{+2}$  ve  $K^{+}$ ) (Tan, 1996) değerleri belirlenmiştir.

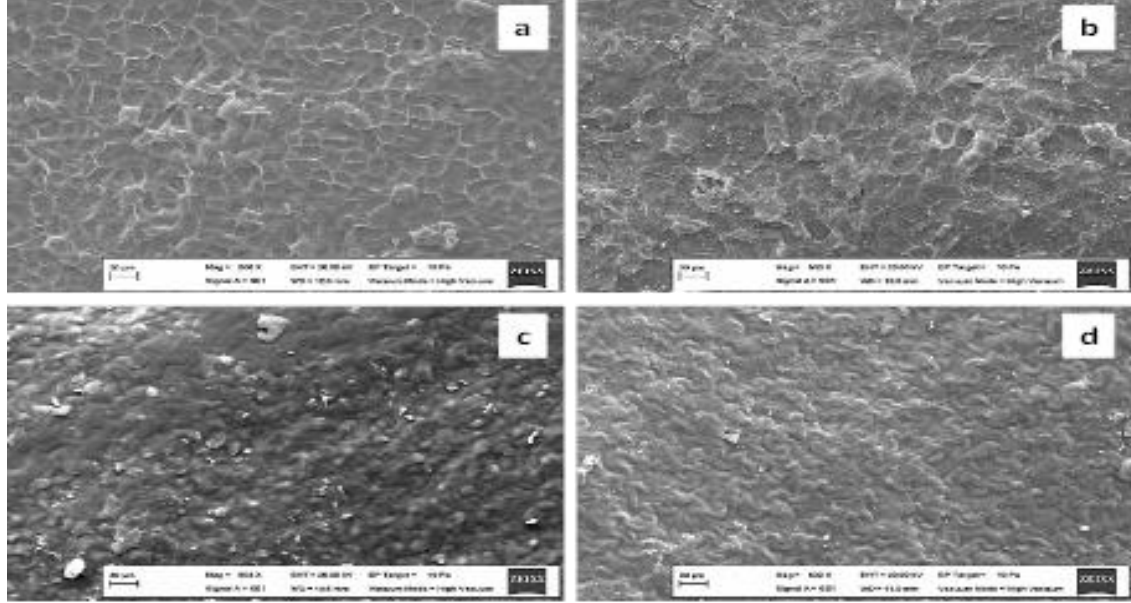
Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS 20 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma bulgularında istatistik analizlerinde tek yönlü varyans analiz metodu, ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır.

Biyokömür oluşumundan sonra yüzeydeki solucan kıvrımları, ham materyalle göre daha belirgin ve dolgun bir hal almıştır. Bu durum yüzey alanının diğerine göre daha fazla artığını gösteren bir kanıt olarak değerlendirilmiştir. Biyokömür haline getirilme sonrasında morfolojik olarak bir deformasyonun olduğu ve buna bağlı olarak özellikle iç yapıda olmak üzere toplamda yüzey alanında gözle görülebilir bir artışın olduğu dikkat çekmektedir.

Çalışmada kullanılan FDK materyalinin, ham materyal ve biyokömür materyalinin bazı analiz sonuçları Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde, biyokömürün Toplam C (%) içeriğinde önemli oranda bir artış olduğu görülmektedir (Çizelge 2).

Şekil 2. Antepfıstığı dış kabuğunun Tarayıcı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri; (a) ham materyalin dış yüzeyi ve (c) iç yüzeyi, (b) biyokömür elde edildikten sonraki dış yüzeyi ve (d) iç yüzeyi olarak verilmiştir

Figure 2. Scanning electron microscopy of Pistachio shells (SEM) images; (a) The outer surface of the raw material; (c) inner surface, (b) The outer surface of the biochar material; (d) inner surface



Çizelge 2. Ham materyal ve Biyokömür materyalinin Toplam C (%), Toplam N (%) ve Toplam H (%) analiz sonuçları

Table 2. Total C (%), Total N (%) and Total H (%) analysis of raw materials and biochar material result

Fıstığın dış kabuğu (FDK) <i>Pistachio shells (PS)</i>	Toplam C (%) <i>Total C (%)</i>	Toplam N (%) <i>Total N (%)</i>	Toplam H (%) <i>Total H (%)</i>
Ham materyal ( <i>Ham material</i> )	42.97	0.58	6.20
Biyokömür ( <i>Biochar</i> )	75.94	0.70	2.70

Çizelge 3. Biyokömür materyalinin EC, pH ve yarayışlı P analiz sonuçları

Table 3. EC, pH and available P analysis of biochar material results

Materyal Material	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	Yarıyışlı P (mg kg <sup>-1</sup> ) <i>Available P (mg kg<sup>-1</sup>)</i>
Biyokömür (FDKB) Biochar	4.54	9.72	200.24

İnkubasyon denemesine ait toprak pH'sı, KDK, OM (%), TC, yarayışlı P, TN, DK (Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> ve K<sup>+</sup>) ve ÇK (Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> ve K<sup>+</sup>) değerlerinin istatistik analiz sonuçları incelenmiştir. Örnekleme zamanı bakımından incelendiğinde, OM analiz sonucu dışındaki diğer tüm analiz sonuçlarında artan süreye

bağlı olarak değerlerin yükseldiği ve kontrol örneğine göre istatistiki olarak en anlamlı artışın 180. gün örnekleme zamanında olduğu görülmektedir. Organik madde değerinde ise kontrole göre istatistiki olarak en anlamlı artışın 15. gün örnekleme zamanında olduğu görülmektedir. Günler arasındaki farkların da

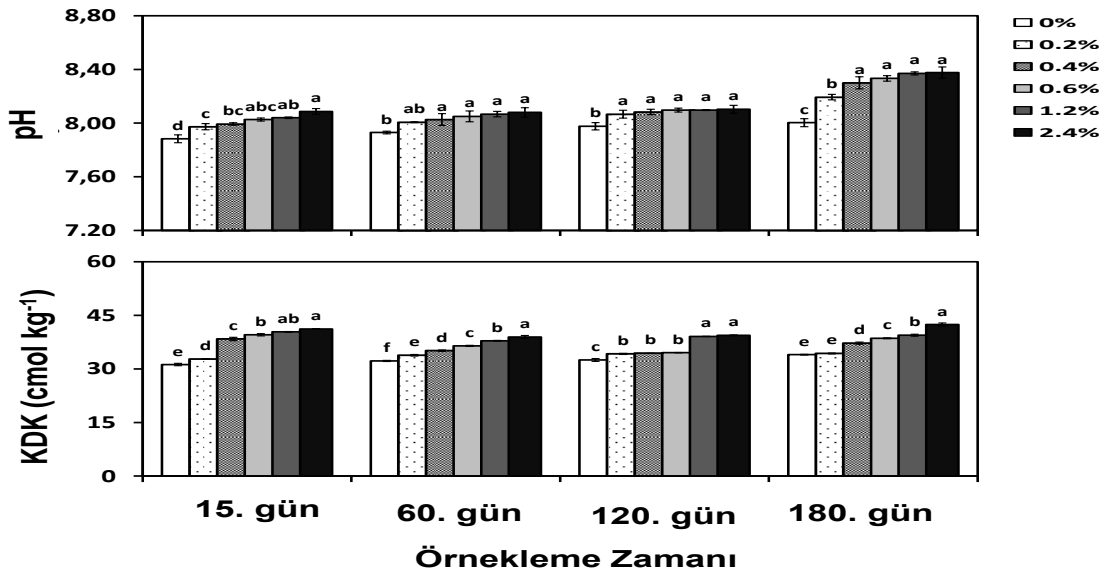
istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.01$ ) (Şekil 3, 4 ve 5).

Toprak pH'sındaki artışın nedeni olarak çalışmada uygulanan biyokömürün yüksek pH değerine sahip olması yanında, kullanılan toprağın kireç içeriğinin yüksek olmasına bağlı olarak zaman içerisinde karbonatın hidrolizi sonrasında toprak pH değerinin nispeten yükselebileceği değerlendirilmiştir (Şekil 3). Bazı araştırmacıların yapmış olduğu (Tryon, 1948; Mikan ve ark., 1995; Hoshi, 2001; Topoliantz ve ark., 2002; Lehmann ve Rondon., 2006; Van Zwieten ve ark., 2007) çalışma sonuçları bizim çalışma sonuçlarımız ile paralellik göstermektedir. Bazı araştırma sonuçları ise biyokömür uygulamalarının yüksek pH içeriğine sahip toprakta pH üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir (Zhai ve ark., 2014; Helena Soenne ve ark., 2014). Prosopis ağaçlarından elde edilen biyokömür ile kurulmuş olan bir

inkübasyon çalışmasında ise inkübasyon süresince pH değerinde düşüş olduğu belirlenmiştir (Shenbagavalli, ve Mahimairaja, 2012).

Toprak pH içeriğinde farklı sonuçların elde edilmesinin en önemli nedeni kullanılacak olan biyokömürün hangi materyalden elde edilmiş olduğu ve bu materyalin içeriği büyük önem taşımaktadır (Tryon, 1948; Mikan ve ark., 1995; Topoliantz ve ark., 2002). Elde edilen farklı sonuçlar bu durumla açıklanabilmektedir.

Yapılan bir çalışmada, biyokömür uygulaması ile (elde edilen materyalle bağlı olarak) KDK değerinde artış görülmüştür (Tryon, 1948; Mikan ve ark., 1995; Topoliantz ve ark., 2002; Rondon ve ark., 2007; Peng ve ark., 2011). Biyokömürün yüzey alanı ve gözenek yapısının artması neticesinde uygulandığı toprağın KDK değerinde de değişikliğe neden olduğu belirlenmiştir (Jeffery ve ark., 2001).



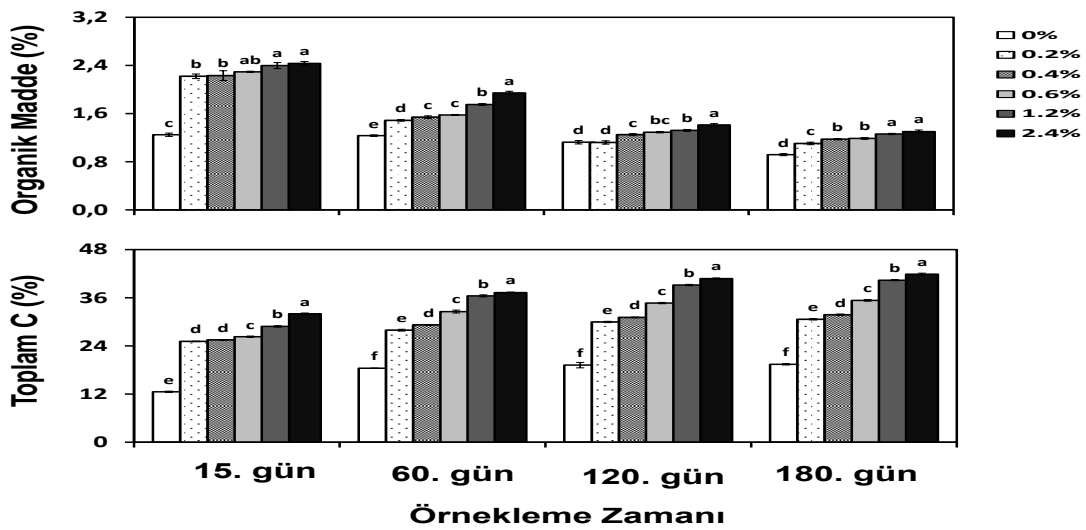
Şekil 3. Farklı dozlarda biyokömür uygulamalarının örnekleme zamanına bağlı olarak toprak pH'sı ve KDK analiz sonuçları gösterilmektedir

Figure 3. Soil pH and CEC analyses results; depending on the sampling time of different doses of biochar applications

Yapılmış olan inkübasyon çalışmasında OM değerindeki artış biyokömür materyalinden kaynaklanmaktadır. Warnock ve ark., (2007) ve Steiner ve ark., (2008), yapmış oldukları çalışma sonuçlarında toprak organik maddesinde artan süreye bağlı olarak değerlerin azalması ayrışmanın yavaşlamasına, toprak organik maddesinin zenginleştirilmesi bakımından biyokömürün etkin biçimde kullanılabilmesi gerçeğini ortaya koymuştur. Bu çalışma sonuçları bizim

yapmış olduğumuz çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Organik madde içeriğindeki artışta biyokömürün hangi materyalden elde edilmiş olduğu da göz ardı edilmemelidir.

Biyokömür uygulamalarının toprakta C tutulması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiş (Weiwei Lu ve ark., 2014) ve bizim yapmış olduğumuz çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Farklı dozlarda biyokömür uygulamalarının örnekleme zamanına bağlı olarak Organik madde ve Toplam C analiz sonuçları

Figure 4. Organic matter and total C analyses results; depending on the sampling time of different doses of biochar applications

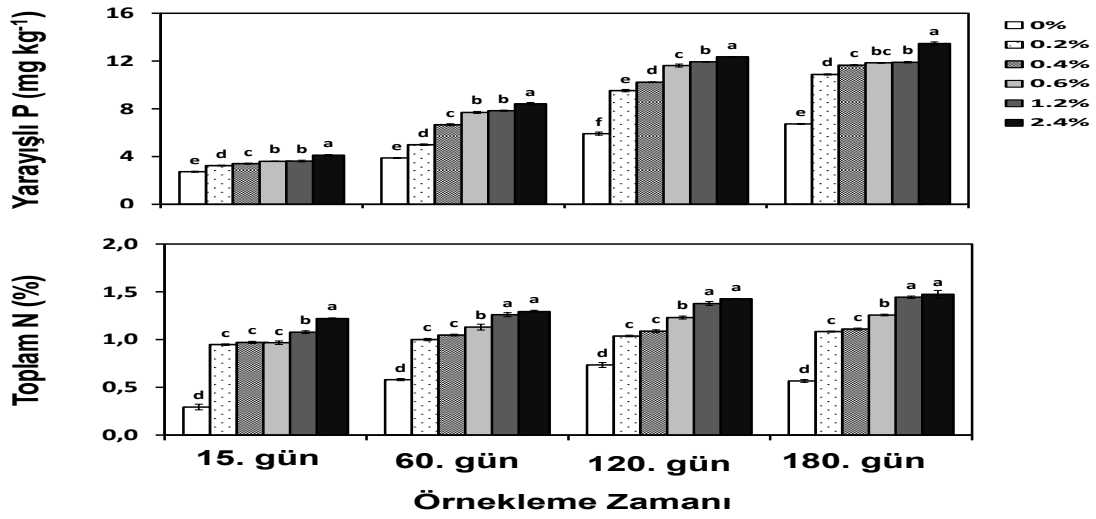
Çalışmamız biyokömür uygulamalarının alkalin toprakların yarıyışlı P ve TN içeriğini artırmada etkili olduğu ve buna göre fosforlu ve azotlu gübre kullanımındaki gereksinimin azaltılabileceği sonucunu ortaya koymaktadır. Zhai ve ark., (2014) ve Soenne ve ark., (2014) yarıyışlı P ile ilgili yapmış oldukları çalışma sonuçlarının, bizim elde ettiğimiz sonuçlar ile uyum içersinde olduğu görülmektedir.

Bu artış, materyalden kaynaklı bir artış olabileceği gibi toprağın toplam P değerinden katılan yarıyışlı P'dan olabileceği

değerlendirilmiştir. İnkübasyonda kullanılan olan biyokömür (FDKB) materyalinin yarıyışlı P içeriğinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, çalışmada yarıyışlı P içeriğindeki artışın diğer önemli bir sebebinin de buna bağlı olabileceği öngörülmüştür (Şekil 5).

İnkübasyon çalışmasında Çözünebilir katyon ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  ve  $\text{Na}^+$ ) iyonları sırası ile incelendiğinde, Kontrol örneğine göre doz artışına bağlı olarak değerlerin azaldığı, örnekleme zamanına bağlı olarak da değerlerde artış gözlenmiştir (Çizelge 4).





Şekil 5. Farklı dozlarda biyokömür uygulamalarının örnekleme zamanına bağlı olarak Yarayışlı P ve Toplam N analiz sonuçları

Figure 5. Available P and total N analyses results; depending on the sampling time of different doses of biochar applications

Çizelge 4. Farklı dozlarda biyokömür uygulamalarının örnekleme zamanına bağlı olarak çözülebilir katyonların ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ) ( $\text{me l}^{-1}$ ) analiz sonuçları

Table 4. Soluble cation ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ) ( $\text{me l}^{-1}$ ) analysis results after biochar application of different doses, depending on the sampling time

Dozlar		15 gün	60 gün	120 gün	180 gün
$\text{Ca}^{+2}$ $\text{Ca}^{+2}$	0%	6.11±0.21	6.52±0.21	20.56±0.72	27.23±0.31
	0.2%	5.55±0.14	5.63±0.09	13.34±0.12	19.49±0.59
	0.4%	4.48±0.12	4.66±0.02	12.81±0.34	19.92±0.40
	0.6%	4.31±0.10	4.34±0.08	12.76±0.29	18.54±0.77
	1.2%	3.88±0.07	3.95±0.06	12.20±0.22	18.04±0.47
	2.4%	3.72±0.11	3.91±0.07	12.04±0.25	17.61±0.51
$\text{K}^+$ $\text{K}^+$	0%	1.07±0.03	1.33±0.08	1.44±0.07	1.53±0.04
	0.2%	0.73±0.02	0.85±0.03	0.89±0.02	1.17±0.06
	0.4%	0.58±0.02	0.69±0.02	0.75±0.09	0.80±0.03
	0.6%	0.55±0.01	0.57±0.03	0.63±0.01	0.69±0.01
	1.2%	0.47±0.02	0.49±0.01	0.55±0.02	0.61±0.02
	2.4%	0.45±0.00	0.46±0.01	0.47±0.01	0.53±0.00
$\text{Mg}^{+2}$ $\text{Mg}^{+2}$	0%	0.74±0.04	0.87±0.02	2.38±0.04	2.62±0.14
	0.2%	0.56±0.02	0.69±0.06	1.70±0.03	2.22±0.07
	0.4%	0.52±0.01	0.68±0.04	1.53±0.02	2.21±0.07
	0.6%	0.52±0.01	0.57±0.01	1.49±0.04	2.11±0.09
	1.2%	0.45±0.02	0.49±0.01	1.48±0.02	2.01±0.07
	2.4%	0.39±0.01	0.46±0.01	1.40±0.06	1.92±0.04
$\text{Na}^+$ $\text{Na}^+$	0%	4.96±0.21	5.11±0.08	5.33±0.09	11.61±0.24
	0.2%	0.94±0.01	1.10±0.03	1.32±0.05	1.60±0.03
	0.4%	0.92±0.01	1.01±0.00	1.31±0.01	1.44±0.01
	0.6%	0.90±0.03	1.00±0.01	1.16±0.08	1.44±0.03
	1.2%	0.87±0.01	0.94±0.00	1.05±0.05	1.41±0.05
	2.4%	0.84±0.03	0.87±0.02	1.04±0.04	1.34±0.05

İnkübasyon çalışmasında Değişebilir katyon değerleri bakımından ( $DCa^{+2}$ ,  $DK^+$ ,  $DMg^{+2}$ ,  $DNa^+$ ) iyonları sırası ile incelendiğinde, Kontrol örneğinden başlayarak doz artışına bağlı olarak değerlerin arttığı ve örnekleme zamanına bağlı olarak ta değerlerde artışın olduğu gözlenmiştir (Çizelge 5).

Çözünebilir Katyon ve DK değerlerine baktığımızda (Çizelge 4 ve 5) ÇK doz artışına bağlı olarak azalışın DK artışını desteklediği ve özellikle  $ÇCa^{+2}$ 'daki doza bağlı düşüşün  $DCa^{+2}$ 'daki artışa yansıdığı görülmüştür,  $Ca^{+2}$ 'nın bir kaynağının toprakta bulunan kirecin çözünmüş olmasının bir sonucu olabileceği değerlendirilmiştir.

Çizelge 5. Farklı dozlarda biyokömür uygulamalarının örnekleme zamanına bağlı olarak ( $DCa^{+2}$ ,  $DK^+$ ,  $DMg^{+2}$ ,  $DNa^+$ ) ( $cmol\ kg^{-1}$ ) analiz sonuçları

Table 5. Exchangeable cation ( $ExCa^{+2}$ ,  $ExK^+$ ,  $ExMg^{+2}$ ,  $ExNa^+$ ) ( $me\ l^{-1}$ ) analysis results after biochar application of different doses, depending on the sampling time

	Dozlar	15 gün	60 gün	120 gün	180 gün
<b>DCa<sup>+2</sup></b> <b>ExCa<sup>+2</sup></b>	0%	27.87±0.07	29.79±0.08	29.85±0.06	30.79±0.13
	0.2%	29.89±0.01	31.10±0.12	31.38±0.07	31.33±0.13
	0.4%	35.30±0.07	32.33±0.02	31.59±0.15	33.51±0.14
	0.6%	36.48±0.10	33.44±0.08	32.32±0.14	34.00±0.05
	1.2%	37.03±0.17	34.58±0.10	35.94±0.09	34.80±0.12
	2.4%	37.53±0.12	35.34±0.12	35.8±0.07	37.74±0.19
<b>DK<sup>+</sup></b> <b>ExK<sup>+</sup></b>	0%	0.63±0.02	0.76±0.01	0.62±0.02	0.72±0.05
	0.2%	1.08±0.01	0.92±0.01	0.98±0.01	1.08±0.07
	0.4%	1.16±0.01	0.99±0.01	1.09±0.01	1.23±0.02
	0.6%	1.24±0.03	1.16±0.03	1.17±0.02	1.37±0.04
	1.2%	1.4±0.01	1.49±0.02	1.34±0.03	1.53±0.03
	2.4%	1.63±0.04	1.71±0.03	1.65±0.02	1.99±0.07
<b>DMg<sup>+2</sup></b> <b>ExMg<sup>+2</sup></b>	0%	0.99±0.05	1.60±0.00	1.16±0.06	1.57±0.06
	0.2%	1.77±0.01	1.71±0.02	1.65±0.01	1.75±0.03
	0.4%	1.80±0.00	1.73±0.00	1.69±0.01	1.81±0.01
	0.6%	1.84±0.02	1.75±0.01	1.71±0.00	1.84±0.00
	1.2%	1.88±0.00	1.77±0.01	1.72±0.01	1.90±0.04
	2.4%	1.89±0.01	1.79±0.01	1.74±0.01	2.31±0.21
<b>DNa<sup>+</sup></b> <b>ExNa<sup>+</sup></b>	0%	0.02±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00
	0.2%	0.00±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.03±0.00
	0.4%	0.00±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	0.03±0.00
	0.6%	0.00±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.04±0.00
	1.2%	0.00±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.07±0.01
	2.4%	0.02±0.00	0.02±0.00	0.05±0.00	0.12±0.02

## Sonuçlar

İnkübasyon çalışmasının sonuçları göstermiştir ki; toprağa uygulanan FDKB materyali incelenen parametreler açısından kontrol örneği ile karşılaştırıldığında toprakta iyileştirmelere neden olmuştur. Bu olumlu sonuçlar doz artışına bağlı olarak ta doğrusal anlamda artış göstermiştir. Örnekleme zamanlarına baktığımızda ise parametrelerde

başlangıca göre artan veya azalan yönde eğilim gösterdiği belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan FDKB kullanımı, toprak iyileştirici özellikleri ile bitkisel üretimde sağlayabilecekleri olumlu etkileri yanında, ekonomik olarak başka şekilde kullanımları mümkün olmayan bu organik artıkların katma değer oluşturma adına değerlendirilebilir olmaları toprak iyileştiricisi olarak sürdürülebilir tarım açısından büyük öneme sahiptir.

Bu çalışma, ülkemizin artık potansiyeli yüksek olan bir bitkisel ürün artığının (Antepfıstığı dış kabuğu) sürdürülebilir tarım açısından önemini ortaya koymuş olması yanında kullanılan FDK biyokömür materyali ile Türkiye koşullarında ilk defa çalışılmış olması itibari ile de büyük öneme sahiptir.

#### Ekler

Bu çalışma doktora tezinden çıkarılmıştır. Çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) TOVAG tarafından 112R005 proje numarası ile desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-total. *In: Methods of soil analysis. Part III. Chemical Methods* (Bartels, J.M., and J.M. Bigham eds.) 2<sup>nd</sup> Ed. ASA SSSA Publisher Agron. No: 5, Madison WI, USA, 1085–1121.
- Chirenje, T., Lena Q.Ma., 2002. Impact of high-volume wood-fired boiler ash amendment on soil properties and nutrients. *Commun Soil Sci Plant Anal* 33:1–17.
- Dixon, J.B., and G. N. White. 2000. Soil mineralogy laboratory manual. 4<sup>th</sup> ed. Published by the authors, Department of Soil and Crop Sciences, Texas A&M University, College Station.
- Dong, X., Lena Q. Ma., Li, Y., 2011. Characteristics and mechanisms of hexavalent chromium removal by biochar from sugar beet tailing. *Journal of Hazardous Materials* 190:909–915.
- Hoshi, T., 2001. Growth Promotion of Tea Trees by Putting Bamboo Charcoal in Soil. *Proceedings of International Conference on O-cha (tea) CULTURE and Science*. Tokyo. Japan. 147-150.
- International Biochar Initiative (IBI). 2008 <http://www.biochar-international.org/>
- Jeffery, S., Verheijen F.G.A., Van der Velde, M., Bastos A.C., 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems Environment* 144 (1). 175–187.
- Kolb, S.E., Fermanich, K.J., Dornbush, M.E., 2009. Effect of Charcoal Quantity on Microbial Biomass and Activity in Temperate Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 73(4): 1173-1181.
- Leco TruSpec CHN-S. 2005. Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Flour and Plant Tissue LECO Corporation 3000 Lakeview Avenue.
- Lehmann, C.J., Rondon, M., 2006. Bio-char Soil Management on Highly-Weathered Soils in The Tropics. *In: Uphoff. N.T. (Ed.). Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. Boca Raton. 517-530.
- Lehmann, J., Joseph, S., 2009. Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthsan, London, UK, 416.
- Lu, W., Ding, W., Zhang, J., Li, Y., Luo, J., Bolan, N., Xie, Z., 2014. Biochar suppressed the decomposition of organic carbon in a cultivated sandy loam soil: A negative priming effect *Soil Biology & Biochemistry*, 76: 12-21.
- Mikan, C. J., and Mars, D., Abrams., 1995. Altered Forest Composition and Soil Properties of Historic Charcoal Hearths in Southeastern Pennsylvania. *Can. Journal. Forest Res.* 25. 687–696.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. *In: A.L. Page. R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties 2nd Edition. Agronomy Series No:9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher. Madison, Wisconsin USA, 181-196.*
- Olsen, S. R., Cole. C.V., Watanabe. F.S., Dean. I.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. *In: A.L. Page. R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties 2nd Edition. Agronomy Series No:9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher.. Madison, Wisconsin USA. 181-196.*
- Peng, X., Ye, L.L., Wang, C.H., Zhou, H., Sun, B., 2011. Temperature- and duration-dependent rice straw-derived biochar: characteristics and its effects on soil properties of an Ultisol in southern China. *Soil Tillage Research* 112:159–166.
- Rondon, M.A., Lehmann, J., Ramirezand, J., Hurtado, M., 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char

- additions. *Biology and Fertility Soils*, 43: 699-708.
- Shenbagavalli, S., Mahimairaja, S., 2012. Characterization and Effect of Biochar on Nitrogen and Carbon Dynamics in soil. *I.J.A.B.R.*, VOL 2(2) 2012: 249-255 ISSN: 2250 – 3579.
- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., Bol, R., 2010. Biochar climate change and soil: A review to guide future research. Rep. No. 05/09. CSIRO.
- Soinne, H., Hovi J., Tammeorg P., Turtola E., 2014. Effect of biochar on phosphorus sorption and clay soil aggregate stability. *Geoderma*, 219 –220 162–167.
- Steiner, C., Keshav, C.D., Garcia, M., Forster, B., Zech, W., 2008. Charcoal and smokeextract stimulate the soil microbial community in a highly weathered Xanthic Ferralsol. *Pedobiologia*, 51: 359-356.
- Sumner, M.E., Miller, W.P., 1996. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. In. D.L. Sparks et. al.. (Ed.). *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*. SSSA Book Series No: 5. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. Of Am. Inc. Publisher. Madison, Wisconsin USA, 1201-1230.
- Tan, K.H., 1996. *Soil Sampling and Analysis*. Marcel Dekker. Inc. 270 Madison Avenue. New York. NY. 10016. 191.
- Thomas, G.W., 1982. Exchangeable Cations. In. A.L. Page. R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). *Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties* 2nd Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher. Madison, Wisconsin USA, 159-164.
- Thomas, G.W., 1996. Soil pH and Soil Acidity. In. D.L. Sparks et. al.. (Ed.). *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*. SSSA Book Series No: 5. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher. Madison, Wisconsin USA. 475-490.
- Topoliantz, S., Ponge, Jean-François., Arrouays, D., Ballof, S., and Lavelle, P., 2002. Effect of Organic Manure and Endogeic Earthworm *Pontoscolex Corethrurus* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) on Soil Fertility and Bean Production. *Biol. Fertil. Soils*. 36. 313–319.
- Tryon, E.H., 1948. Effect of Charcoal on Certain Physical. Chemical and Biological Properties of Forest Soils. *Ecological Monographs*. 18: 81–115.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). 2015. Türkiye'nin antep fıstığı üretimi.
- Van Zwieten, L., Kimber, S., Downie, A., Chan, K.Y., Cowie, A., Wainberg, R., Morris, S., 2007. Papermill Char: Benefits to Soil Health and Plant Production. Proceedings Conference of The International Agrichar Initiative. 30 April- 2 May 2007. Terrigal. NSW. Australia.
- Verheijen, F.G.A., Jones, R.J.A., Rickson, R.J., Smith, C.J., 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews*, 94 (1-4): 23-38.
- Warnock, D.D., Lehmann, J., Kuyper, T.W., Rillig, M.C., 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil - concepts and mechanisms. *Plant and Soil*, 300: 9-20.
- Zhai, L., Caiji, Z., Liu, J., Wang, H., Ren, T., Gai, X., Xi, B., Liu, H., 2014. Short-term effects of maize residue biochar on phosphorus availability in two soils with different phosphorus sorption capacities *Biol Fertil Soils* 51:113-122.