



# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

<http://dergi.toprak.org.tr>



## Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi

Funda Irmak Yılmaz \*, Safiye Kurt

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu

### Özet

Bu çalışmada biyokömür (BK) ve vermikompostun (VK) topraktaki enzim aktiviteleri üzerine etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, Ordu il merkezindeki bir bahçeden alınan toprağa sera koşullarında farklı oranlarda biyokömür ve vermikompost karışımları (kontrol (O<sub>1</sub>); %100 BK (O<sub>2</sub>); %100 VK (O<sub>3</sub>); %75 BK+%25 VK (O<sub>4</sub>); %25 BK+%75 VK (O<sub>5</sub>); %50 BK+%50 VK (O<sub>6</sub>)) uygulanmıştır. Deneme 20, 40 ve 60 günlük 3 farklı sürede inkübasyona bırakılmıştır. Her inkübasyon süresi sonunda BK ve VK uygulamalarının mikrobiyal biyomas, CO<sub>2</sub> oluşumu, dehidrogenaz enzim aktivitesi, üreaz enzim aktivitesi ve arilsülfataz enzim aktiviteleri gibi toprakların biyolojik özellikleri üzerine etkisi ele alınmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre; CO<sub>2</sub> oluşumu, mikrobiyal biyomass-C ve dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine ortamlar etkili olurken, toprak organik maddesi, üreaz ve arilsülfataz enzim aktiviteleri üzerine ise uygulama ortamları ve inkübasyon süresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genellikle toprağın biyolojik özellikleri üzerine O<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> ortamlarının en etkili olduğu saptanmıştır. Toprağın üreaz enzim aktivitesinin 60 günlük inkübasyonun O<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> ortamlarında, toprak organik madde miktarının 40 günlük inkübasyonun O<sub>2</sub> ortamında ve arilsülfataz enzim aktivitesinin 60 günlük inkübasyonun O<sub>6</sub> ortamında arttığı saptanmıştır. Biyokömürün yüksek C ve C/N oranına sahip olması nedeniyle tek başına yeterli olmadığı, C/N oranı dar olan vermikompost gibi materyallerle beraber kullanılmasının uygun olduğu ve tüm veriler değerlendirildiğinde toprak düzenleyici olarak kullanılan biyokömürün (O<sub>2</sub>) toprağın biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Organik atık, enzim aktivitesi, CO<sub>2</sub> üretimi, mikrobiyal biyomass-C

### Effect of biochar and vermicompost applications on some biological properties of soil

### Abstract

In this study, the effect of biochar (BC) and vermicompost VC applications on enzyme activities in soil was investigated. For this purpose, different mixing ratios of BC and VC (control (O<sub>1</sub>), 100% BC (O<sub>2</sub>), 100% VC (O<sub>3</sub>), 75% BC+25% VC (O<sub>4</sub>), 25% BC+75% VC (O<sub>5</sub>), 50% BC+50% VC (O<sub>6</sub>)) were applied into the soil taken from an orchard in Ordu Province. All applications were incubated at 3 different periods for 20, 40 and 60 days. At the end of each incubation period, the effect of BC and VC applications on biological properties of soil such as; microbial biomass, CO<sub>2</sub> formation, dehydrogenase enzyme activity, urease enzyme activity and aryl sulfatase enzyme activities were determined. According to the results, the effect of incubation time and applications on soil organic matter, urease and aryl sulphatase enzyme activities were statistically significant and all applications were effective on CO<sub>2</sub> formation and microbial biomass-C and dehydrogenase enzyme activity. Generally, O<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> applications were the predominant on biological properties of soil. It was determined that soil urease enzyme activity increased in O<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> applications at the 60 days incubation period; the soil organic matter increased in O<sub>2</sub> application at the 40 days incubation period and aryl sulfatase enzyme activity increased in O<sub>6</sub> application at the 60 days incubation period. Due to high C and C/N ratio of biochar, it was determined that biochar application itself has no sufficient effect and it is suitable to use with organic materials such as vermicompost having a narrow C/N ratio. When all the data were evaluated, the biochar application (O<sub>2</sub>) as a soil conditioner had positive effect on soil biological properties.

**Keywords:** Organic waste, enzyme activity, CO<sub>2</sub> production, microbial biomass-C.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Tarım, yaşamsal faaliyetler içinde en vazgeçilmezlerindedir. Geçmiş zamanlarda tarım ilkel yöntemlerle yapılmakta iken, teknolojinin hızla gelişmesi ve dünya nüfusunun çoğalması sonucunda, kimyasal girdi tarımda aşırı oranda kullanılmış, en az girdi ile en fazla ürün alabilmek için, tarımsal alanlarda teknolojinin

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0532 5251312

E-posta : [fundairmak@hotmail.com](mailto:fundairmak@hotmail.com)

Geliş Tarihi : 06 Temmuz 2018

Kabul Tarihi : 08 Ekim 2018

e-ISSN : 2146-8141

bütün olanakları kullanılmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı içerisinde günümüzde organik kökenli atıkların toprak düzenleyicisi olarak kullanımına yönelik yöntemler dikkat çekmeye başlamıştır. Bunlardan birisi, toprak solucanlarının organik atık ve bu atıkların kısa süre zarfında yüksek kalitede bir ürüne dönüştürmeleri yöntemi vermikültür olarak tanımlanmaktadır (Erşahin, 2007). Vermikültür ürünü olan vermikompost, bazı toprak solucanları tarafından çeşitli organik atıkların sindirilmeleri ile elde edilen kompost çeşididir. Yapılan çalışmalarda, solucanlar tarafından vermikompostlaştırılan ortamların ya da solucan aktivitesinin olduğu topraklarda temelde organik C olmak üzere toplam N değerlerinin önemli miktarda arttığı ve ayrıca karışıma eklenen organik materyalin özelliklerinin vermikompostun içeriğini saptamada önemli bir kriter olduğu rapor edilmiştir (Kızılkaya ve Hepşen, 2007; Namlı ve ark., 2014). Diğer bir yöntem olarak organik maddelerin oksijensiz ortamda pirolizi ya da çok az oksijen ile gazlaştırma işlemiyle elde edilen yüksek karbon ve mineral madde içeren biyokömür (Lehmann, 2007), yüksek katyon değişim kapasitesi, adsorbsiyon ve bileşenlerin düşük taşınabilirliğe sahip (Glaser ve ark., 2002, Liang ve ark., 2006) bir üründür. Biyokömürün üretildiği koşullar ve kullanılan organik madenin türü, toprak ıslahında büyük oranda etkili olur (McClellan ve ark., 2007, McLaughlin ve ark., 2009). Sürdürülebilir biyokömür üretim modelinde, belediye atıkları, orman ve tarımsal atıklar, yeşil atık hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Biyokömürün en yaygın kullanımı toprak içine ilave edilmesi olup toprak yüzeyine diğer organik materyallerle birlikte uygulanabilir veya kompost, malç ile karıştırılarak ya da ince öğütülmüş sıvı bir bulamaç şeklinde elle veya makine ile serilerek uygulanabilir. Biyokömürler, geleneksel olarak toprak düzenleyici biçiminde kullanılmıştır. Bunun nedeni söz konusu materyalin su tutma kapasitesini, toprak pH'sını, toprak organik madde miktarını artırarak ve mikrobiyal aktiviteyi destekleyerek ürün verimine ve toprağa önemli katkılar sağlamasından ileri gelmektedir (Chan ve ark., 2008; Steiner ve ark., 2007, Dias ve ark., 2010). Sudkolai ve Nourbakhsh (2017), vermikompostlaşma sürecinin ahır gübresi ve buğday atığının bazı kimyasal (pH, EC, OC, toplam N, lignin ve C:N oranı) ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada; ahır gübresi ve buğday atığının vermikompostlaşma işlemi boyunca üreaz enzim aktivitesinin bu süreçle yüksek oranda ilişkili ve organik atıkların kararlılığı açısından önemli olduğunu göstermiştir. Tın bünyeli bir toprağa uygulanan  $\text{CaCO}_3$  (2, 4 ve 6 ton  $\text{ha}^{-1}$ ), vermikompost (2.5, 5 ve 7.5 ton  $\text{ha}^{-1}$ ) ve triple süper fosfat ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ), (20, 40 ve 60 kg P  $\text{ha}^{-1}$ ) her biri tek başına ve çeşitli kombinasyonlarda uygulanmış ve 2 aylık inkübasyon süreci sonunda en yüksek organik madde miktarının 4 ton  $\text{ha}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$  ve 7.5 ton  $\text{ha}^{-1}$  vermikompost ortamında tespit edildiği bildirilmiştir (Bekele ve ark., 2018). Jeffery ve ark. (2011), toprağa biyokömür uygulanmalarının hem fiziksel, kimyasal hem de biyolojik özellikler üzerine uzun vadede etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, biyokömürün toprağa karıştırıldıktan sonra zaman ilerledikçe bitki gelişimini iyileştirici yönde önemli etkiler yaptığı da Cheng ve ark. (2006) ve Major ve ark. (2010) tarafından ifade edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; biyokömürün ve vermikompostun farklı oranlarda karıştırılarak toprağa uygulanması ile inkübasyon süreci boyunca toprakta dehidrogenaz enzim aktivitesi, üreaz enzim aktivitesi ve arilsülfataz enzim aktiviteleri ile C- mineralizasyonu, mikrobiyal biomas- C gibi toprakların biyolojik özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesidir.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Sera koşulları altında yürütülen denemede 0 - 30 cm derinlikten alınan kumlu-tınlı bünyeye sahip toprak, organik materyal olarak fındık kabuğundan elde edilen biyokömür ve vermikompost kullanılmıştır. Deneme kurulmadan önce, toprak örneği, biyokömür (BK) ve vermikompostun (VK) belirlenmesi amacıyla temel bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Çizelge 1). Denemede kullanılan, biyokömür PAL Havacılık Ziraat San. Tic. Ltd. Şti. isimli şirket tarafından ana materyal olarak gönderilen fındığın biyokömür haline getirilmesi ile elde edilmiştir. Biyokömür üretimi ile ilgili olarak üretim sıcaklığı  $380^\circ\text{C}$ , üretim süresi ise 4.5 saat olmuştur. Üretim, sistemden yanıcı gazlar da dâhil olmak üzere gaz çıkışının bitimine kadar devam etmiştir. Vermikompost ise Manisa Ekosol gübre fabrikasından temin edilmiştir.

Deneme toprağı, kumlu-tınlı bünyeye sahip olup, nötr pH (7.7)'da ve tuzluluk sorunu taşımamaktadır. Kapsadığı nem içeriği bakımından tarla kapasitesinde olup yeter düzeyde nem içeriğine sahiptir. Organik madde düzeyi iyi (% 3.0), azot bakımından yeterli (% 0.015) fosfor içeriği (7 mg  $\text{kg}^{-1}$ ) az miktarda ve K içeriği (64 mg  $\text{kg}^{-1}$ ) bakımından oldukça yeter düzeydedir (Çizelge 1.).

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile biyokömür ve vermikompostun özellikleri

	O.M. (%)	C (%)	N (%)	C/N	pH	K (kg mg <sup>-1</sup> )	P (kg mg <sup>-1</sup> )	Mg (kg mg <sup>-1</sup> )	Fe (kg mg <sup>-1</sup> )
Toprak	3.00	-	0.015	-	7.70	64.00	7.00	0.06	3.45
Vermikompost	40.00	23.1	1.500	15.40	7.50	2.00	2.00	1.10	0.24
Biyokömür	84.31	49.0	1.170	42.00	9.24	0.34	-	1690	10.40

## Yöntem

### Denemenin kurulması

Denemede kullanılan toprak Ordu il merkezindeki bir bahçeden 0-30 cm derinlikten alınarak homojen olacak şekilde karıştırılmış ve 2mm'lik elek ile elenerek analizler için hazır hale getirilmiştir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 farklı dönem (20-40 ve 60.gün), organik materyal olarak 6 uygulama konusu ve 6 tekrarlı olacak şekilde kurulmuştur. Uygulama konuları için kullanılacak olan organik materyaller, hacimsel olarak değişik oranlarda ayrı ayrı karıştırılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar Çizelge 2 de verilmiştir.

Planlanan çalışma, 16 Ekim 2014 tarihinde inkübasyon denemesi kurularak başlatılmıştır. 2 mm elek ile elenen kumlu-tınlı bünyeye sahip toprak 3 kg lık saksılara yerleştirilerek, Ordu Üniversitesi Uygulama Alanı'nda kurulan yüksek tünel serada yürütülmüştür. Örtü materyali olarak kullanılan ortamlar hacimsel olarak belirlenmiş miktarlarca saksılara homojen olarak karıştırılmıştır. Bu işlemden sonra tüm saksılar sulanmıştır. Hava şartları ve toprak nemi göz önüne alınarak belli aralıklarda sulanan inkübasyon denemesinden, her ay yirmi gün aralıklarla (6 Kasım, 26 Kasım, 16 Aralık) toprak örneği alınarak topraklar analize hazır hale getirilmiştir. Alınan toprak örnekleri 2 mm' lik elekten elendikten hemen sonra +4 °C de buzdolabında bekletilmiş ve saksı denemesi devam ederken mikrobiyolojik analizlere başlanmıştır.

Deneme toprağına ait özelliklerin belirlenmesinde tekstür, hidrometre yöntemi [Bouyoucos \(1951\)](#) ile, toprak reaksiyonu (pH) ve tuzluluk (EC), [U.S.Salinity Lab. Staff \(1954\)](#)'e göre, organik madde [Nelson ve Sommers \(1982\)](#), toplam azot [Bremner \(1965\)](#), yarıyıllı fosfor [Olsen ve ark. \(1954\)](#), yarıyıllı potasyum [Knudsen ve ark. \(1982\)](#)' a göre yapılmıştır. Topraklarda biyolojik analizler; CO<sub>2</sub> üretimi [Isermeyer \(1952\)](#); mikrobiyal biyomas - C [Anderson ve Domsch \(1978\)](#), dehidrogenaz enzim aktivitesi [Thalmann, \(1968\)](#).'e göre, üreaz enzim aktivitesi [Kandeler ve Gerber \(1988\)](#)' e göre, arilsülfataz enzim aktivitesi [Tabatabai ve Bremner \(1970\)](#)' e göre saptanmıştır.

Deneme sonunda elde edilen veriler JUMP paket programında tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizi ile analiz edilmiş ve istatistiksel olarak önemli bulunan sonuçlar LSD testine göre gruplandırılarak ortalamaların yanında harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 2. Saksı denemesi uygulama konuları

Ortamlar	
Kontrol	O <sub>1</sub>
% 100 Biyokömür (BK)	O <sub>2</sub>
% 100 Vermikompost (VK)	O <sub>3</sub>
% 75 Biyokömür + % 25 Vermikompost	O <sub>4</sub>
% 25 Biyokömür + % 75 Vermikompost	O <sub>5</sub>
% 50 Biyokömür + % 50 Vermikompost	O <sub>6</sub>

## Bulgular ve Tartışma

### Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının CO<sub>2</sub> üretimi, mikrobiyal biyomas - C ve dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri

Toprağına biyokömür ve vermikompost uygulamaları toprak CO<sub>2</sub> değeri üzerine istatistiki olarak önemli bir etki meydana getirmeyenken, inkübasyon süresi istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Topraklardaki CO<sub>2</sub> oluşum değeri 0.07-0.10 mg CO<sub>2</sub>/100 g<sup>-1</sup>/gün<sup>-1</sup> değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 3). Toprağına yapılan uygulamalar rakamsal olarak değerlendirildiğinde en etkili uygulamaların O<sub>5</sub> ve O<sub>6</sub> olduğu görülmüştür. Tek başına BK (O<sub>2</sub>) ve VK (O<sub>3</sub>) uygulamaları CO<sub>2</sub> oluşumu değerlerini BK ve VK'nın karıştırılması ile elde edilen ortamlara oranla daha az artırmıştır. İnkübasyon süresi dikkate alındığında, CO<sub>2</sub> oluşumu birinci ve ikinci dönemde yüksek çıkmış, bu iki dönem arasında istatistiki olarak önemli bir değişim görülmemiştir. Fakat son dönemde önemli miktarda azalmıştır (Şekil 1).

Çizelge 3. Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının inkübasyon süresine bağlı olarak toprağın CO<sub>2</sub> üretimi, mikrobiyal biyomas- C ve dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri

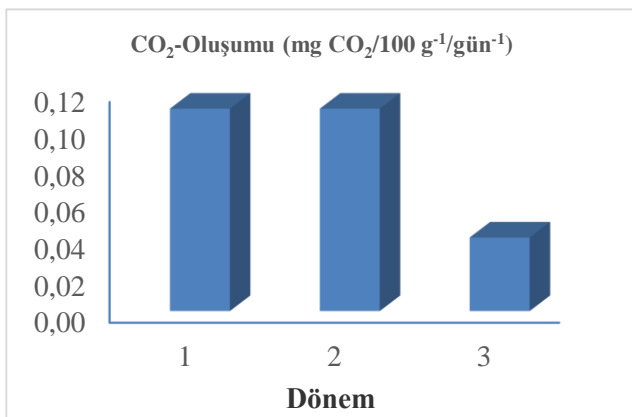
CO <sub>2</sub> Üretimi (mg CO <sub>2</sub> /100 g <sup>-1</sup> gün <sup>-1</sup> )				Mikrobiyal biyomas -C (mg biyomas-C 100 g.k.t <sup>-1</sup> )				Dehidrogenaz enzim aktivitesi (µg TPF g.k.t <sup>-1</sup> )			
Dozlar		Dönem		Dozlar		Dönem		Dozlar		Dönem	
O <sub>1</sub>	0.10	1	0.11a	O <sub>1</sub>	18.62	1	12.36b	O <sub>1</sub>	5.51b	1	6.45
O <sub>2</sub>	0.09	2	0.11a	O <sub>2</sub>	26.78	2	16.38b	O <sub>2</sub>	8.35a	2	6.65
O <sub>3</sub>	0.07	3	0.04b	O <sub>3</sub>	23.40	3	43.26a	O <sub>3</sub>	7.02ab	3	6.47
O <sub>4</sub>	0.08			O <sub>4</sub>	23.26			O <sub>4</sub>	6.19b		
O <sub>5</sub>	0.10			O <sub>5</sub>	23.70			O <sub>5</sub>	6.26b		
O <sub>6</sub>	0.10			O <sub>6</sub>	24.90			O <sub>6</sub>	5.81b		
LSD (p<0.001)= 0.01065				LSD (p<0.01)= 3.07004				LSD (p<0.05)= 0,81598			

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir

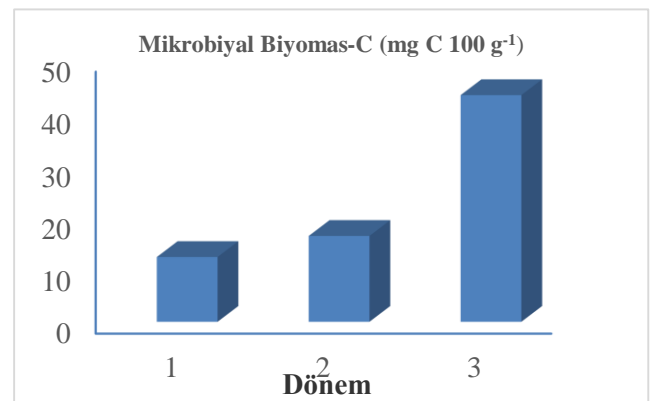
Bu durum mikroorganizmaların C kaynağı olarak kullandıkları çabuk ayrışabilir karbonlu bileşiklerin son ayda tükendiğini göstermektedir. [Gaunt ve ark. \(2008\)](#) biyokömür uygulaması ile toprakta biyolojik aktivite ve CO<sub>2</sub> üretiminin dolayısıyla biyokömürün mineralizasyonunun aynı doğrultuda arttığını bildirmiştir.

Biyokömür ve vermikompost uygulamaları toprağın mikrobiyal biyomas-C içeriği üzerine etkisi olumlu olmuş; toprağın bu özelliği üzerine yapılan uygulamaların etkisi O<sub>2</sub>>O<sub>6</sub>> O<sub>5</sub>> O<sub>4</sub>>O<sub>1</sub> şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 3). Kontrol uygulamasında (O<sub>1</sub>) 18.62 ile en düşük olurken, O<sub>2</sub> uygulamasında (% 100 BK) 26.78 ile en yüksek değere çıkmıştır ki, bu uygulama mikrobiyal biyomas-C değerinde 1.43 kat artış sağlamıştır. Topraklara uygulanan organik gübrelemenin toprakta kolay olarak değerlendirilebilir C kaynağı olduğu ve toprakta mikrobiyal biyomas-C miktarını yükselttiği bilinmektedir ([Hassink ve ark., 1991](#)). Karşılaşılan bu tablo kullanılan organik atıkların kimyasal yapısı ve C/N oranları ile ilgilidir ([Alexander, 1977; Smith ve ark., 1993; Hadas ve ark., 2004; Kızılkaya ve Bayraklı, 2005; Kablan, 2005](#)).

Toprağın mikrobiyal biyomas- C değeri üzerine inkübasyon dönemlerin etkisi istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. 1. dönemde 12.36 iken inkübasyon süresinin artmasına bağlı olarak 16.38 ve 43.26 olarak artış görülmüş, dolayısıyla en etkili dönemin 3. dönem olduğu saptanmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi, dönem ortalamaları göz önüne alındığında; organik materyaller ilk ve ikinci 20 günlük periyotta toprakların mikrobiyal biyomas değerlerinde fazla bir değişim yapmazken, üçüncü 20 günlük periyotta söz konusu değerler zamana bağlı olarak artırmış; mikrobiyal biyomas değerinde 3.5 kat artış meydana gelmiştir. Orta Karadeniz Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada [Kızılkaya ve ark. \(2004\)](#) mikrobiyal biyomas-C değerini 3.8 ile 135.4 mg CO<sub>2</sub>-C 100 g<sup>-1</sup> arasında bulmuştur. Araştırmada elde edilen sonuçlar bu bulgular ile uyumludur.



Şekil 1. Biyokömür ve vermikompost uygulanan toprakların CO<sub>2</sub> üretimi (mg CO<sub>2</sub>/100g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>)

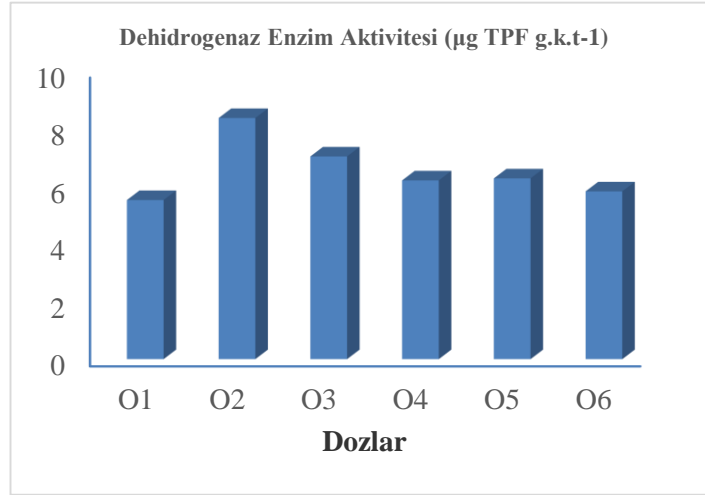


Şekil 2. Biyokömür ve vermikompost uygulanan toprakların mikrobiyal biyomas- C değeri (mg biyomas-C 100 g.k.t<sup>-1</sup>)

Toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine uygulama konuları istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde önemli farklılıklar meydana getirirken, inkübasyon süresinin bu özellik üzerine bir etkisi bulunmamıştır (Çizelge 3). Yapılan uygulamalar ile toprağın dehidrogenaz enzim aktivitesi 5.51-8.35 µg TPF g.k.t<sup>-1</sup> arasında



değişmiş, uygulamaların etkisi  $O_2 > O_3 > O_5 > O_4 > O_6 > O_1$  şeklinde sıralanmıştır. Tüm uygulama konuları toprağın dehidrogenaz enzim aktivitesini kontrol uygulamasına göre artırmıştır (Şekil 3). Sadece vermikompost ve biyokömür uygulamaları ile toprakta daha yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi değerine ulaşılmış; % 100 VK olan  $O_3$  uygulaması ile 1.5 kat, % 100 BK olan  $O_2$  uygulaması ile 1.27 kat artış sağlanmıştır. Tavuk altlığından elde edilen biyokömürün dehidrogenaz enzim aktivitesini kontrole kıyasla % 15 oranında artırdığı (Mierzwa-Hersztek ve ark., 2016), 9 t/ha tavuk altlığı uygulamasının kontrol uygulamasına göre 4 kat daha fazla dehidrogenaz aktivitesine sahip olduğu (Delgado ve ark., 2012) rapor edilmiştir.



Şekil 3. Biyokömür ve vermikompost uygulanan toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi değerleri (µg TPF g.k.t<sup>-1</sup>)

### **Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın üreaz enzim aktivitesi, aril sülfataz enzim aktivitesi ve % organik madde miktarı üzerine etkileri**

Toprağın üreaz enzim aktivitesi ( $p < 0.01$ ), arilsülfataz enzim aktivitesi ( $p < 0.05$ ) ve organik madde içeriği ( $p < 0.01$ ) üzerine uygulamalarının etkileri inkübasyon dönemine bağlı olarak meydana gelmiş uygulama x dönem interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur (Çizelge 4). Çizelge 4'te görüleceği üzere, toprağın en yüksek üreaz enzim içeriği 3.dönemin  $O_2$  (% 100 BK) ortamından elde edilmiş ( $21.26 \mu\text{g N g.k.t.}^{-1} 2\text{h}^{-1}$ ), en düşük üreaz enzim içeriği ise yine aynı dönemin  $O_4$  (% 75 BK + % 25 VK) ortamında ( $6.46 \mu\text{g N g.k.t.}^{-1} 2\text{h}^{-1}$ ) belirlenmiştir. Genel olarak toprağa organik kaynak karıştırılması ile kontrol koşullarına göre mikroorganizma faaliyetlerinin arttığı görülmüştür. Bu artışlar inkübasyon dönemine bağlı olarak değişmekle birlikte, ayrışmanın artmasına bağlı olarak da materyallerin etkisinin arttığı saptanmıştır. Biyokömürün geniş C/N oranına sahip olmasının mikroorganizmalar tarafından daha fazla parçalanmaya maruz kalması sonucu üreaz enzimin artışı sağladığı düşünülmektedir. Kablan (2005); Ergün (2017), üreaz enzimini üreten mikroorganizmaların, substrat kaynağı olarak üreinin değişik organik atıklarda N içeriği substratı olan organik N formları ile yükseldiğini bildirmiştir. Akça ve Namlı (2015), domates bitkisine biyokömür uygulamasının kontrol ve kimyasal gübreye göre üreaz enzim aktivitesinin % 5 düzeyinde önemli olduğunu ve anlamlı bir şekilde yükseldiğini belirtmişlerdir. Bu enzimler toprak mikroorganizmalarınca besin maddelerini parçalamak gayesi ile üretilirler ve toprakların kil ve organik madde gibi kolloidleri tarafından tutularak bu enzimleri üreten mikroorganizma hücrelerine bağlı kalmadan faaliyetlerini devam ettirebilirler (Aşkın ve ark., 2004; Ergün, 2017). Ayrıca üreaz enzim aktivitesi organik madde, toprak tekstürü, pH katyon değişim kapasitesi gibi önemli toprak özellikleri ile önemli ilişki içerisinde olduğu ve bulunduğu topraklara ilave edilen organik atıkların üreaz enzim aktivitesini önemli oranda artırdığı belirlenmiştir (Özdemir ve ark., 2000). Bu çalışma da organik materyallerin ilavesinin toprakların üreaz aktivitesini artırdığını ortaya koymuştur. Meydana gelen bu artışın ise daha çok biyokömürden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Arilsülfataz enzimi tarımsal açıdan S döngüsünde anahtar rol oynayan bir enzimdir. Bitki tarafından asimile edilebilir organik S' ün inorganik S' e hidrolize olmasında katalizör görevi yaparak bitki gelişimi için gerekli olan besin elementini inorganik formdan daha hızlı ve kolay almasını sağlar (Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012). Toprağa biyokömür ve vermikompost ortamları arilsülfataz enzim aktivitesini artırmış; uygulama ve dönem interaksiyonuna göre toprakların arilsülfataz enzim aktivite değerleri  $0.47 - 1.06 \mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$  arasında değişmiştir. En düşük değer 2. inkübasyon dönemindeki  $O_2$  uygulama grubunda (% 100 BK) bulunurken, en

yüksek değer ise O<sub>6</sub> uygulamasında (% 50 BK + % 50 VK) bulunmuş; bu uygulama enzim aktivitesinde kontrol grubuna göre 1.9 kat, O<sub>2</sub> grubuna göre 2.25 kat artış sağlamıştır. Buradan da görüleceği gibi, biyokömür varlığının arilsülfataz enzim aktivitesini desteklediği söylenebilir. Ergün (2017)'ye göre biyokömürün geniş C/N oranından dolayı mikroorganizmalar tarafından daha çok parçalanmaya maruz kalmış ve bu enzimin artışını kolaylaştırmıştır. Bulgular bu açıklamalar ile uyum içindedir

Toprağa biyokömür ve vermikompost uygulamaları toprağın organik madde içeriğini artırmış, bu artış dönemsel olarak değişiklik göstermiştir (Çizelge 4). Organik kökenli olan ve organik madde miktarı fazla olan biyokömür ve vermikompostun toprağa eklenmesi ve toprağın organik madde miktarında artış sağlaması istenilen bir netice olmuştur. Vermikompost ve biyokömür organik madde içeriği yüksek materyaller olup hazırlanan karışım oranlarına bağlı olarak organik madde içeriğine etkisi farklılık göstermiştir. Çizelge 1' de görüleceği üzere, biyokömür oldukça yüksek organik madde içeriğine sahip olması nedeniyle bu materyalin bulunduğu uygulamalarda (O<sub>2</sub>) organik madde içeriği daha yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur. En düşük toprak organik madde miktarı 3. inkübasyon döneminde kontrol grubunda bulunmuş (% 4.55); en yüksek toprak organik madde miktarı 2. inkübasyon döneminde O<sub>2</sub> uygulamasında (% 100 BK) % 5.38 olarak elde edilmiş, bu uygulama 1.18 kat artış sağlamıştır. Yapılan çalışmalarda da benzer bulgular açıklanmıştır. Ergün (2017), farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprak organik madde içeriğini artırdığını; organik madde miktarının % 1.80 - % 6.92 arasında değiştiğini, biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının kontrole oranla organik madde miktarını 3.84 kat arttırdığını ifade etmiştir. Organik atık uygulamalarının, kil ve tınlı kum bünyeli topraklarda organik madde, değişebilir katyon içerikleri gibi kimyasal özelliklerini önemli oranda artırdığı ve toprak kalitesini iyileştirdiği (Candemir ve Gülser, 2011); asit özellik gösteren toprakta 10 hafta inkübasyon sonunda, toprakların tarla kapasitesi ve solma noktası gibi bazı fiziksel özelliklerinin yanı sıra, pH, katyon değişim kapasitesi ve organik madde gibi kimyasal özelliklerini iyileştirdiği (Özdemir ve ark.,2014) ifade edilmiştir. Yapılan uygulamalarla artan toprak organik madde miktarı, topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin de artmasını sağlar ki, incelenen enzim aktivitelerinde vermikompost uygulamalarının daha etkili olması sonuçların uyumlu olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının inkübasyon süresine bağlı olarak toprağın üreaz enzim aktivitesi, aril sülfataz enzim aktivitesi ve organik madde miktarı üzerine etkileri

Doz	Üreaz enzim aktivitesi (µg N g.k.t. <sup>-1</sup> 2h <sup>-1</sup> )			Aril sülfataz enzim aktivitesi (µg P- N g.k.t. <sup>-1</sup> )			Organik madde (%)				
	1.dönem	2.dönem	3.dönem	Doz	1.dönem	2.dönem	3.dönem	Doz	1.dönem	2.dönem	3.dönem
O <sub>1</sub>	11.75bcd	10.73bcd	10.15bcd	O <sub>1</sub>	0.83 a-e	0.73 a-f	0.55 e-f	O <sub>1</sub>	4.87 c-g	4.74 fg	4.55 g
O <sub>2</sub>	9.53cd	8.39cd	21.26a	O <sub>2</sub>	0.93 abc	0.47 f	0.94 a-b	O <sub>2</sub>	4.99 b-f	5.38 a	4.90 c-g
O <sub>3</sub>	13.36bc	11.47bcd	15.66a	O <sub>3</sub>	0.68 b-f	0.52 e-f	1.00 a-b	O <sub>3</sub>	5.16 a-d	4.90 c-g	4.96 c-f
O <sub>4</sub>	13.83bc	10.79bcd	6.46d	O <sub>4</sub>	0.76 a-f	0.81 a-f	0.77 a-f	O <sub>4</sub>	5.13 a-e	4.89 c-g	4.79 efg
O <sub>5</sub>	11.30bcd	10.60bcd	11.94bcd	O <sub>5</sub>	0.77 a-f	0.77 a-f	0.92 a-d	O <sub>5</sub>	4.92 c-f	5.33 ab	5.02 a-f
O <sub>6</sub>	8.38cd	8.97cd	11.24bcd	O <sub>6</sub>	0.57 def	1.06a	0.58 c-f	O <sub>6</sub>	4.75 fg	4.8 d-g	5.21 abc

LSD (p<0.001)= 2.97565

LSD (p<0.05)= 0.17703

LSD (p<0.001)= 0.18514

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

## Sonuç

Biyokömür ve vermikompostun farklı oranlarda karıştırılarak toprağa uygulanması ile inkübasyon süreci boyunca bazı toprak biyolojik özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada; biyokömür ve vermikompostun belli oranlarda karıştırılarak kullanılması olumlu etkiler sağlamıştır. Toprağın biyolojik özelliklerini belirlemede kullanılan CO<sub>2</sub> oluşumu 1. ve 2. inkübasyon döneminde, mikrobiyal biyomas değeri ise 3. dönemde en yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunmasa da bu iki özellikte O<sub>2</sub> (% 100 BK) en etkili ortam olmuştur. Toprak enzimlerinden dehidrogenaz enzim aktivitesine dönemin bir etkisi olmazken O<sub>2</sub> ortamı en etkili olmuş, üreaz enzim aktivitesi üzerine aynı ortamın 3. inkübasyon döneminde, toprak organik madde miktarında ise 2. inkübasyon döneminde O<sub>2</sub> (% 100 BK) ortamı ve aril sülfataz enzim aktivitesi 3. inkübasyon döneminde O<sub>6</sub> (% 50 BK + % 50 VK) ortamında en aktif düzeye çıkmıştır. CO<sub>2</sub> üretimi ve % organik madde miktarı O<sub>2</sub> ortamı 3.dönemde, Mikrobiyal biyomas-C ve üreaz enzim aktivitesi yine O<sub>2</sub> ortamı 3. dönemde etkili olmuştur. Dehidrogenaz enzim aktivitesinde inkübasyon süresinin önemi olmazken uygulama konularında en yüksek doz O<sub>2</sub> ortamı olarak, aril sülfataz enzim aktivitesi ise O<sub>6</sub> ortamı 2. dönemde en etkili olmuştur. Biyokömürün yüksek C içeriğine sahip olması, dolayısıyla da C/N oranının yüksek olması nedeniyle tek başına yeterli olmadığı, C/N oranının dar olan

vermikompost gibi organik materyaller ile beraber kullanılmasının uygun olduğu düşünülmektedir. Tüm veriler değerlendirildiğinde O2 ortamı olan biyokömürün toprak düzenleyici olarak toprağın biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkisi olduğu görülmüştür.

## Teşekkür

Bu makale Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenen “Biyokömür ve Vermikompostun Mısır Bitkisinin (*Zea Mays L.*) Kök Bölgesindeki Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi” adlı ve TF-1535 proje numaralı yüksek lisans tez projesi ve tezinden üretilmiştir.

## Kaynaklar

- Akça MO, Namli A, 2015. Effects of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(3): 161-168.
- Alexander M, 1977. Introduction to soil microbiology No. Ed. 2. John Wiley , Sons. New York, USA.
- Anderson JPE, Domsch KH,1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 10(3): 215-221.
- Aşkın T, Kızılkaya R, Gülser C, Bayraklı B, 2004. Ondokuzmayıs Üniversitesi Kampus Topraklarının Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 19(1):31-36
- Bekele A, Kibret K, Bedadi B, Yli-Halla M, Balemi T, 2018. Effects of lime, vermicompost, and chemical p fertilizer on selected properties of acid soils of Ebantu District, Western Highlands of Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science* Article ID 8178305
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43(9): 434-438.
- Bremner JM, Lancaster JD, 1965. Organic Forms of Nitrogen. Methods of Soil Analysis, Part II - Chemical and Microbiological Properties. Black CA (Ed.). Agronomy Monograph 9.1, American Society of Agronomy (ASA), Soil Science Society of America (SSSA), Madison, Wisconsin, USA. pp.1238-1255.
- Candemir F,Gülser C, 2011. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes at clay and loamy sand fields. *Communication in Soil Science and Plant Analyses* 42(1): 13-28.
- Chan KY, Van Zwieten L, Meszaros I, Downie A, Joseph S, 2008. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Soil Research* 45(8): 629-634.
- Cheng C-H, Lehmann J, Thies, JE, Burton SD, Engelhard MH, 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry* 37: 1477-1488.
- Delgado M, Rodríguez C, Martin JV, de Imperial RM, Alonso, F. ,2012. Environmental assay on the effect of poultry manure application on soil organisms in agroecosystems. *Science of The Total Environment* 416: 532-535.
- Dias BO, Silva CA, Higashikawa FS, Roig A, Sánchez-Monedero MA, 2010. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification. *Bioresource Technology*, 101(4): 1239-1246.
- Ergün YA, 2017. Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Topraktaki Bazı Enzim Aktivitelerine, CO2 Üretimine, Besin Elementi İçeriğine ve Domates Bitkisinin Gelişimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi Ordu Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yayınlanmamış. 65 sf. Ordu.
- Erşahin Y, 2007. Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 24(2): 99-107.
- Gaunt J,Cowie A,2009. Biochar, greenhouse gas accounting and emissions trading. Biochar for environmental management: *Science and Technology* pp.317-340.
- Glaser B, Lehmann J, Zech W, 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biology and Fertility of Soils* 35: 219-230.
- Hadas A, Kautsky L, Goek M, Kara EE, 2004. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. *Soil Biology and Biochemistry* 36(2): 255-266.
- Isermeyer H,1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 56(1-3): 26-38.
- Jeffery S, Verheijen FG, van der Velde M, Bastos AC, 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.
- Kablan N,2005. Farklı organik atıkların toprak ve mısır (*Zea Mays İndendata*) bitkisinin rizosfer bölgesindeki biyolojik özellikler üzerine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi Yayınlanmamış. Samsun.
- Kandeler E, Gerber H,1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils* 6(1): 68-72.
- Kayıkçıoğlu HH, Okur N, 2012. Deri sanayi arıtma çamurunun kompostlaştırılması sırasındaki biyokimyasal değişiklikler ve oluşan kompostun kalitesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(2): 59-68

- Kızılkaya R, Hepşen Ş, 2007. Microbiological properties in earthworm *Lumbricus terrestris* L. cast and surrounding soil amended with various organic wastes. *Communication in Soil Science and Plant Analyses* 38: 2861-2876.
- Kızılkaya R, Bayraklı B, 2005. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. *Applied Soil Ecology* 30(3): 192-202
- Kızılkaya R, Aşkın T, Bayraklı B, Sağlam M, 2004. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology* 40(2) : 95-102.
- Knudsen D, GA Peterson, PF Pratt, 1982. Lithium, sodium and potassium. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney (Eds.), 2nd Ed. Agronomy Monograph No. 9, ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Lehmann J, 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and Environment* 5:38-387.
- Liang B, Lehmann J, Solomon D, Kinyangi J, Grossman J, O'Neill B, Skjemstad JO, Thies J, Luizao FJ, Petersen J, Neves EG, 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal* 70: 1719-1730.
- Major J, Rondon M, Molina D, Riha SJ, Lehmann J, 2010. Maize yield and nutrition after 4 years of doing biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil* 333:117-128.
- McClellan AT, Deenik J, Uehara G, Antal M, 2007. Effects of flashed carbonized macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties. 6 November 2007, SSA, ASA, CSSA, International Annual Meetings, Louisiana, New Orleans.
- McLaughlin H, Anderson PS, Shields FE, Reed TB, 2009, August. All biochars are not created equal, and how to tell them apart. In *Proceedings, North American Biochar Conference*, Boulder, Colorado, pp. 1-36.
- Mierzwa-Hersztek M, Gondek K, Baran A, 2016. Effect of poultry litter biochar on soil enzymatic activity, ecotoxicity and plant growth. *Applied Soil Ecology* 105, 144-150.
- Namlı A, Akça O, Perçimli C, Beşe S, Gür Ş, Arıkan H, Eser İ, İzci E, Gümüşay E, Tunca G, Khálau İJ, Mutafçılar Z, Demirtaş Ö, 2014. Eysel ve endüstriyel arıtma çamurlarının solucanlar (*Eisenia fetida*) ile kompostlanması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 2(2): 46-56.
- Nelson DW, Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney (Eds.), 2nd Ed. Agronomy Monograph No. 9, ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA. pp.539-573.
- Olsen SR, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department Of Agriculture; Washington.
- Özdemir N, Gülser C, Ekberli İ, Kop ÖT, 2014. Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve verime etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 2(1): 27 - 32
- Özdemir N, Kızılkaya R, Sürücü A, 2000. Farklı organik atıkların toprakların üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi. *Ekoloji Çevre Dergisi* 10(37): 23-26.
- Smith JL, Papendick RI, Bezdicek DF, Lynch JM, 1993. Soil organic matter dynamics and crop residue management. *Soil Microbial Ecology*, Marcel Dekker, New York, 65-95.
- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, de Macêdo JLV, Blum WE, Zech W, 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil* 291(1-2), 275-290.
- Sudkolai ST, Nourbakhsh F, 2017. Urease activity as an index for assessing the maturity of cow manure and wheat residue vermicomposts. *Waste Management* 64: 63-66.
- Tabatabai MA, Bremner JM, 1970. Arylsulfatase Activity of Soils. *Soil Science Society of America Journal* 34(2): 225-229.
- Thalman A, 1968. The methodology of determining the dehydrogenase activity in soil using triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtschaftliche Forschung* 21: 249-258.
- US Salinity Lab. Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agricultural Handbook*, no. 64, USDA.