

## Gıda Atığı Kompostu ile Kimyasal Gübre Uygulamasının Marul ve Ispanak Yetiştirilen Vertisol Grubu Toprakların Verimliliğine Etkileri

Serhat GÜREL<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa

\*Sorumlu Yazar: [sgurel@uludag.edu.tr](mailto:sgurel@uludag.edu.tr)

Geliş Tarihi: 08.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 25.03.2024 Kabul Tarihi: 25.03.2024

### ÖZ

Bu çalışma, gıda atığı kompostunun (GAK) kimyasal gübreyle beraber ve ayrı uygulanmasının toprak verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre sera koşullarında, 2 kimyasal gübre uygulaması (kimyasal gübrelü ve gübresiz), 1 kompost materyali (gıda atığı kompostu), 4 farklı doz (0, 8, 16, 24, 32 gr kg<sup>-1</sup>) ve 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Kimyasal gübre olarak 15 kg saf azot (N) da<sup>-1</sup> için 15-15-15 NPK (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) gübresi uygulanmıştır. Genel olarak, GAK uygulamaları toprakların verimlilik parametrelerini ve bitki besin elementi içeriklerini artırmıştır. Hem marul hem de ıspanak deneme sonuçlarının ortalamaları birlikte değerlendirildiğinde; toprağın elektriksel iletkenliğini (EC) %57.21, organik maddeyi (OM) %61.23, toplam N'yi %48.35 oranında artırdığı ve toprak reaksiyonunu (pH) %3.29 oranında düşürdüğü belirlenmiştir. Toprağa GAK + NPK eklendiğinde ise, toprağın EC'sini %76.85, OM'yi %72.35, toplam N'yi %56.25 ve alınabilir çinkoyu (Zn) %29.19 oranında artırdığı, toprak pH'ını da %4.66 oranında azalttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlardan farklı olarak; GAK tek başına uygulandığında marul bitkisinin bulunduğu topraklarda alınabilir fosfordaki (P) artış %67.63, GAK+NPK uygulamasında P artışı %47.14 olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin en yüksek değerleri GAK ilavesinin 32 g kg<sup>-1</sup> dozunda elde edilmiştir. GAK'nin toprağa uygulanması, toprağın pH'ını düşürmüş ve EC'yi artırmıştır. GAK uygulamasıyla birlikte toprağın OM içeriği olmak üzere toplam N, ve yararışlı P ile çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) gibi bazı mikro element içeriğinde artış görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** kompost, gıda atığı, vertisol, toprak verimliliği, marul, ıspanak.

### Effects of Food Waste Compost and Chemical Fertilizer Application on the Fertility of Vertisol Group Soils Growing Lettuce and Spinach

### ABSTRACT

The study was carried out to investigate the effects of applying food waste compost (FWC) on soil fertility. The experiment was carried out according to the random plot design in greenhouse conditions, with 2 chemical fertilizer applications (with and without chemical fertilizer), 1 compost material, 5 different doses (0, 8, 16, 24, 32 g kg<sup>-1</sup>) and 3 replications was carried out in such a way that. As chemical fertilizer, 15-15-15 NPK (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) fertilizer was applied at 2 t da<sup>-1</sup>. In general, applications increased the fertility parameters and plant nutrient contents of soils. When the averages of both lettuce and spinach trial results are evaluated together; it was determined that it increased the EC of the soil by 57.21%, OM by 61.23%, total N by 48.35% and decreased pH by 3.29%. It was determined that when FWC + NPK was added to the soil, it increased the soil EC by 76.85%, OM by 72.35%, total N by 56.25% and available Zn by 29.19%, and decreased pH by 4.66%. Unlike these results; When FWC was applied alone, the increase in available P in the soil where lettuce plants were located was 67.63%, and in GAK + NPK application, the increase was 47.14%. The highest values of these parameters were obtained at the dose of 32 g kg<sup>-1</sup> of FWC supplementation. Application of FWC to soil decreased soil pH and increased EC.

**Key words:** compost, food waste, vertisol, soil fertility, lettuce, spinach.

## GİRİŞ

Ekonomik gelişme ve nüfus artışı, son yıllarda gıda tüketimini ve dolayısıyla gıda atıklarının oluşumunu önemli ölçüde artırmıştır (Hafid ve ark., 2017). Her yıl küresel olarak üretilen gıdanın yaklaşık dörtte biri (1.3 milyar ton) israf edilmektedir (Gustavsson ve ark., 2011; Kummu ve ark., 2012). Nüfus artışı ve tarımın talebi karşılamak için genişlemesi nedeniyle 2025 yılına kadar 2.2 milyar ton kadar küresel gıda üretiminin israf edileceği tahmin edilmektedir (Gustavsson ve ark., 2011; Kummu ve ark., 2012). Gıda tedarik zincirindeki gıda israfının dağılımı ülkeler arasında farklılık göstermekle birlikte, küresel anlamda atıklara en fazla katkıda bulunan kaynak yaklaşık %33 ile tüketimdir, bunu tarım (%28), hasat sonrası (%22), dağıtım (%11) ve işleme (%6) takip etmektedir (Kummu ve ark., 2012). Avrupa'da kentsel katı atıkların ana fraksiyonu %45 oranında gıda atığıdır (Cerde ve ark., 2018; Ghinea ve Leahu, 2020). Gıda atıkları geleneksel olarak çöplüklere atılmakta veya enerji üretmek için yakılmaktadır (Melikoğlu ve ark., 2013). Gıda atıklarının depolanması çevresel ve ekonomik sorunlar doğurmaktadır (Nasreen ve Qazi, 2012). Örneğin, gıda atığı, metan (CH<sub>4</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) dahil olmak üzere toplam küresel sera gazı üretiminin %20'sinden fazlasını yaymaktadır (Munesue ve ark., 2015). Gıda atıklarının ayrıca ötrofikasyon, tarımsal kullanım nedeniyle su kaynaklarının azalması, depolama sahası sızıntı sularının çevredeki yüzey sularını ve yeraltı sularını kirletmesi ve küresel çölleşme gibi birçok dolaylı sonucu da vardır (Bolan ve ark., 2014; Poore ve Nemecek, 2018). Bu durum, bu atıkların bertarafı için sürdürülebilir ve çevre dostu çözümler bulma ihtiyacını artırmıştır (Gill ve ark., 2014).

Kompostlama, gıda atıklarını katma değerli ürünlere dönüştüren düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir tekniktir (Thi ve ark., 2015; Mak ve ark., 2020; O'Connor ve ark., 2021). Tarımda kompostun sürdürülebilir kullanımı, ürün verimini en üst düzeye çıkarmak, geri dönüştürülen besin kütesini artırmak ve çevreye besin kaybını en aza indirmek için bir fırsat sunar (Shetha ve ark., 2020). Çürütülmüş organik maddeler, bitki büyümesini teşvik eden mikroorganizmalar, değişken (yavaş ve hızlı) besin salınımı, sızıntıda azalma, artan su tutma ve toprak yapısında iyileşme nedeniyle iyi bir toprak düzenleyici olduklarını göstermektedir (Gill ve ark., 2014; Tampio ve ark., 2015; Sogn ve ark., 2018). Kompostun toprağa uygulanması, toprakta katyon değişim kapasitesini, bitki besin elementi içeriğini ve su tutma kapasitesini artırması nedeniyle ürün verimini de artırır (Nasreen ve Qazi, 2012). Kompostlama, birçok zararlı mikroorganizmayı öldürerek patojenlerin yayılmasını azaltır, toprak kaynaklı hastalıklara karşı direnci ve antioksidan kapasiteyi artırabilir (Giménez ve ark., 2021). Ayrıca kompost, faaliyetleri toprak sistemlerini destekleyen ve düzenleyen birçok faydalı bakteri ve mantarı toprağa aşılabilir (Lodha ve ark., 2002). Kompostun toprak özellikleri üzerinde yaptığı etkiler bitki verimini ve toprak verimliliğini artırmaktadır (Barzee ve ark., 2019; Machado ve ark., 2020). Kompost, bitkilerin besin maddesi ihtiyacını karşılayabilir ve kimyasal gübre kullanımını önemli ölçüde azaltabilir (Hernández ve ark., 2010; Jakhro ve ark., 2017). Gıda atıklarının aerobik katı kompostlaması miktarlarının büyük olması, seri ölçekli ve düşük maliyetli üretim imkanı nedeniyle üre ve diamonyum fosfat gibi ticari inorganik gübre kaynaklarına kıyasla nispeten ucuz bir besin kaynağı olabilir (Waqas ve ark., 2018; Cheong ve ark., 2020). Mineral gübre ile birlikte kompost gibi bazı doğal toprak düzenleyicilerin uygulanması verim ve beslenmeyi olumlu yönde etkilemektedir (Yağmur ve Okur, 2018).

Gıda atıklarının gübre sanayisinin bir ürünü olarak değerlendirilmesindeki en büyük sınırlama yetersiz mevzuat ve altyapıdır (Cecilia ve ark., 2019). Gıda atıkları genellikle kanalizasyon-çamur ve hayvan gübresi çürütme tesislerinde birlikte çürütülmekte olup, bu tesislerin kapasitesi düşüktür. Bu nedenle bu durum, tarımda kullanılmak üzere gıda atığı gübrelerinin arzını azaltmıştır (Xu ve ark., 2018; Pathak ve Christopher, 2019). Sotamenoua ve Parrot (2013), gelecekte organik maddeyi komposta dönüştüren tarımsal atık geri dönüşümü ticaret zincirinin bir fırsat yaratacağını bildirmiştir. Son zamanlarda gıda atıklarının sürdürülebilir yönetimi için değerlendirilmesine yönelik çalışmalar artmaktadır (Yang ve ark., 2019). O'Connor ve ark. (2021); gıda atıklarından elde edilen ürünlerin toprak özelliklerini ve ürün verimini iyileştirmedeki değerini incelemek için arazi denemeleri yapılması gerektiğini bildirmiştir. Ayrıca gıda atıklarından elde edilen biyogübrelerin tutarlılığını ve kalitesini test etmek için protokoller geliştirmek üzere tasarlanmış çalışmalara ihtiyaç olduğunu bildirmiştir. Gıda atığı gübreleriyle ilgili temel sorunları ele almak ve potansiyel çözümler sunmak için daha fazla araştırma yapılması gerektiğini bildirmiştir. Bu çalışmada evsel mutfak gıda atığı kompostunun marul ile ispanak bitkisi ekilen toprak özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Tarımsal üretimde kimyasal gübre girdisini azaltmaya yönelik katkı sağlanması hedeflenmiştir.

**MATERYAL ve METOT****Materyal****Araştırmada kullanılan toprağın özellikleri**

Saksı denemesi 2021 yılı güz döneminde Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi (40° 13' 36" K enlem, 28° 51' 35" D Boylam), Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında yürütülmüştür. Denemede kullanılan toprak Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) arazisinden 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Denemede kullanılan toprak, toprak sınıflandırma sistemine göre Vertisol (Tipik Haploxerert) ve FAO/Unesco sınıflandırma sistemine göre Eutric Vertisol sınıfındadır (Aksoy ve ark., 2001). Kumlu killi tın bünyeli, hafif alkali, tuzsuz ve organik madde içeriği bakımından düşük sınıftadır. Toplam N bakımından düşük, alınabilir P ve K orta düzeydedir (Özsoy, 2001; Tümsavaş, 2003).

**Gıda atığı kompostu (GAK):**

Organik madde kaynağı olarak GAK; sonbahar-kış mevsiminde dört kişilik bir ailenin mutfağından çıkan meyve ve sebze atıklarının kısa sürede toplanarak karbon kaynağı olarak kullanılan ince hızar talaşı ile karıştırılmasıyla kompostlama süreci başlatılmıştır (Şekil 1). Daha sonra 121 gün boyunca küçük ölçekli bir ev kompost ünitesinde sera koşullarında gerçekleşen kompostlama sürecinden sonra uygun özellikte kompost elde edilmiştir (Voběrková ve ark., 2020). Denemede kullanılan kompost materyalini tanımlamak için bazı temel fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. (a) Gıda atıklarının toplanması; (b) kompostlama süreci; (c) kompostun elde edilmesi

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan GAK'nin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

1:10,w:v (kompost : su)		Konsantrasyon (%)								
mS cm <sup>-1</sup>		Konsantrasyon (mg kg <sup>-1</sup> )								
pH	EC	Kuru madde	Humik madde	Humik asit	OM	OC	C/N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	
6.05	5.81	45.65	9.25	3.16	83.63	48.51	8.61	0.20	0.29	
		Konsantrasyon (%)				Konsantrasyon (mg kg <sup>-1</sup> )				
N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	
5.64	0.15	1.37	0.44	0.16	0.11	165	17	26	125	

Denemede kullanılan İnorganik gübre: İnorganik azot, fosfor ve potasyum kaynağı olarak 15-15-15 NPK [15 % (ww<sup>-1</sup>) N- 15 % (ww<sup>-1</sup>) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 15 % (ww<sup>-1</sup>) K<sub>2</sub>O] kimyasal gübresi kullanılmıştır.

Denemede kullanılan bitki çeşidi: Marul tohumu olarak *Asteraceae* familyasından Crispa çeşidi seçilmiştir. Ispanak tohumu olarak da *Amaranthaceae* familyasından Matador çeşidi seçilmiştir.

**Yöntem****Denemenin kurulması:**

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Bir adet marul ve bir adet de ispanak bitkisi için olmak üzere toplam iki adet deneme tertip edilmiştir. Her bir deneme için ayrı ayrı şu işlemler yapılmıştır: iki gübre uygulaması (kimyasal gübre uygulanmış, kimyasal gübre uygulanmamış), bir kompost malzemesi (GAK), beş farklı karışım oranı (0, 8, 16, 24, 32 g GAK kg<sup>-1</sup>) ve üç tekerrürlü (toplam 30 saksı)

kurulmuştur (Çizelge 2). Toprağa karıştırılacak oranlar belirlenirken 1 dekar toprağa 2 ton organik madde ilavesi dikkate alınmıştır. 1 dekar alanda yaklaşık 250.000,00 kg toprak kabul edilerek hesaplamalar yapılmış ve dozlar belirlenmiştir. Toprak ve kompost malzemeleri ayrı ayrı 4 mm'lik elekten elenerek belirlenen oranlarda karıştırılarak hazırlanan ortamlar 16 cm x 21 cm x 20 cm'lik polietilen saksılara doldurulmuş ve her uygulama için gruplandırılmıştır. Saksı başına 2.5 kg toprak terazi ile tartılmıştır. Daha sonra GAK belirlenen oranlarda ayrı ayrı hazırlanıp saksılara doldurulmuştur. Kimyasal gübre uygulaması yapılacak gruptaki saksılara 15-15-15 NPK kimyasal gübreden dekar 15 kg azot, fosfor ve potasyum gübresi uygulamasına göre hesaplanmış ve uygulanmıştır. Böylece 15-15-15 kompoze gübresi 15 saksıya ekimden önce verilerek kimyasal gübreleme işlemleri tamamlanmıştır. Marul ve ıspanak tohumları 2-3 cm aralıklarla saksılara ekilmiş ve saksılar tarla kapasitesinin %40'ına kadar saf su ile sulanmıştır. En iyi çıkış ve çimlenme gösteren 3'er bitki saksılara bırakılmış ve seyreltilmiştir. Marul ve ıspanak denemesi yaklaşık 90 gün sonra hasat edilmiştir. Deneme sonunda elde edilen veriler "JUMP" paket programında tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizi ile analiz edilmiş ve aralarındaki farkın belirlenmesi için %5 anlamlılık düzeyinde LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

#### **GAK için yapılan analizler:**

Örnekler 65°C'de 48 saat fırında kurutulmuştur (Kacar ve Kütük, 2010). Kompostlar kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları tartılmıştır. Kompost örnekleri paslanmaz çelik değirmende 0.5 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülmüştür (Kacar ve Kütük, 2010). GAK örnekleri 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%30) ve 8 ml HNO<sub>3</sub> (%65) ile kapalı basınçlı kaplarda mikrodalga fırında yaş yakılmıştır (Anonim, 1994). Hüyük asit ve hüyük madde Swift ve ark. (1996) göre belirlenmiş, pH ve EC, 1:10 (w:v) kompost:su oranı süspansiyonunda belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Organik karbon miktarı modifiye Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiş, organik karbon miktarı Van Bemmelen faktörü ile çarpılarak organik madde içeriği belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010).

Çizelge 2. Deneme konuları

Gübre Uygulaması	GAK dozları (g kg <sup>-1</sup> )
	0 (Kontrol)
15-15-15 NPK + GAK	8
	16
	24
	32
	0 (Kontrol)
GAK	8
	16
	24
	32

Amonyum (NH<sub>4</sub>-N), İndofenol Mavisi Yöntemi (Solorzano, 1969) ile, nitrat (NO<sub>3</sub>-N) ise salisilik asidin sülfürik asit varlığında nitrasyonuna göre kolorimetrik olarak belirlenmiştir (Robarge, Edwards ve Johnson, 1983). Toplam N, Bremner (1965) tarafından bildirilen Kjeldahl yöntemiyle, toplam P içeriği ise Vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). GAK örneklerinin toplam Na, K ve Ca miktarları alevfotometre cihazı ile, toplam Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

#### **Deneme toprağında yapılan analizler:**

Toprağın bünyesi, hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951) kullanılarak belirlenmiş ve ABD Tarım Bakanlığı toprak taksonomisi (USDA, 2013) kullanılarak tanımlanmıştır. Reaksiyon (pH), 1:2.5 toprak:su oranı karışımındaki süspansiyonda (Jackson, 1958), WTW marka, 3110 model pH/iyon metresi ile belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Elektriksel iletkenlik (EC), 1:2.5 toprak:su oranındaki süspansiyonunda (Jackson, 1958). WTW marka, EC 3310 model kondaktivitimetre ile ölçülerek belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Toprağın organik karbonu, Walkley-Black'in (1934) ıslak oksidasyon yöntemiyle belirlenmiş ve organik karbon miktarının Van Bemmelen faktörü ile çarpılması ile organik madde miktarı belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Toplam azot (N), Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Toplam azot analizi için Buchi marka K-437/K-350 model yakma ve damıtma cihazları kullanılmıştır. Alınabilir fosfor (P), pH 8.5'te (Olsen ve Dean, 1965) 0.5 M sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) ile ekstrakte edilmiş ve askorbik asit ile mavi renk oluştuktan sonra konsantrasyon kolorimetrik olarak Spectronic 20 model spektrofotometresi ile belirlenmiştir.

(Kacar ve İnal, 2008). Alınabilir katyonlar [potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve sodyum (Na)]: pH 7.0'da 1 M amonyum asetat ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) ile ekstraksiyondan sonra belirlenmiştir (Kacar, 2009). Ekstrakt K, Ca ve Na için Eppendorf Elex 6361 model alev fotometresi ile ve Mg ise PE Optima 8300 ICP-OES ile analiz edilmiştir. Bitki tarafından alınabilir mikro elementler [demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn)]: Toprakların alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri 0.005 M dietilen triamin penta asetik asit (DTPA) yöntemi ile ekstre edilerek belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978). Konsantrasyon, PE Optima 8300 ICP-OES ile ölçülmüştür. Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Toprak Analizi Sonuçları

#### Reaksiyon (pH)

Deneme toprağı nötr ve hafif alkali reaksiyonludur (Özsoy, 2001; Tümsavaş, 2003). GAK doğal olarak asidiktir (Ok ve ark., 2015; Reyes-Torres ve ark., 2018; O'Connor ve ark. 2021). Topraktaki GAK miktarı arttıkça da pH değerinin düştüğü belirlenmiştir. Çizelge 3'te sunulan veriler, en düşük pH düzeyinin GAK'nin 32 g  $\text{kg}^{-1}$  dozda uygulanmasıyla elde edildiğini göstermiştir. Marul denemesinde GAK+NPK uygulamasında, kontrol grubundaki saksılarda toprağın pH'ını %4.54 azaltarak, 7.48'den 7.14'e ve GAK uygulamasında ise kontrol grubunda 8.02 olarak belirlenen pH'ı %4.23 azaltarak 7.68'e düşürmüştür. Ispanak denemesinde; toprağın pH'ı GAK+NPK uygulamasında kontrol grubundaki saksılarda %4.78 azaltarak 7.74'ten 7.37'ye ve GAK uygulamasında ise %2.36 oranında düşürerek 8.03'ten 7.84'e indirdiği belirlenmiştir. Her iki denemede de uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Toprak pH'ındaki azalma, eklenen organik materyallerin ayrışmasıyla açıklanabilir; Toprak pH'sındaki azalma, GAK'ın ayrışması sırasında üretilen organik asitlerden, mikrobiyal solunum sonucu oluşan karbonik asitten ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) kaynaklanmaktadır. Diğer bir açıklama ise muhtemelen  $\text{NH}_4\text{-N}$ 'un nitrifikasyonuna bağlı olarak toprak pH'ındaki azalmadır (Karaman ve ark., 2012).

Çizelge 3. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Gübre Uygulaması	(g $\text{kg}^{-1}$ )		1 : 2.5 w:v (toprak:su)		Konsantrasyon (%)			(mg $\text{kg}^{-1}$ )	(me 100 $\text{g}^{-1}$ )
	GAK Dozu	pH	EC (mS $\text{cm}^{-1}$ )	$\text{CaCO}_3$	OM	N	P	K	
<b>Marul</b>									
GAK + NPK	0	7.48 d	0.154 cd	1.52	0.50 g	0.07 f	6.29 b	0.32	
	8	7.56 d	0.657 a	1.52	1.66 ef	0.10 e	8.31 b	0.34	
	16	7.55 d	0.598 a	1.65	2.29 d	0.13 c	12.40 ab	0.53	
	24	7.58 cd	0.628 a	1.38	2.81 bc	0.15 b	6.82 b	0.47	
	32	7.14 e	0.684 a	1.52	3.07 b	0.16 ab	11.90 ab	0.77	
GAK	0	8.02 ab	0.135 cd	1.38	1.46 f	0.08 f	5.58 b	0.32	
	8	8.05 ab	0.123 d	1.52	1.89 e	0.11de	5.58 b	0.48	
	16	8.11 a	0.124 d	1.24	2.47 cd	0.12 cd	10.91 ab	0.56	
	24	7.82 bc	0.238 c	1.38	2.74 bc	0.15 b	19.72 a	0.48	
	32	7.68 cd	0.363 b	1.52	3.43 a	0.17 a	17.24 a	0.75	
				öd				öd	
<b>Ispanak</b>									
GAK + NPK	0	7.74 de	0.162 de	1.66	1.01e	0.07 f	7.56	0.29	
	8	7.77 cd	0.432 b	1.52	1.43 d	0.09 e	7.81	0.22	
	16	7.72 de	0.421 bc	1.73	2.06 c	0.12 cd	4.21	0.29	
	24	7.59 e	0.530 ab	1.86	2.45ab	0.13 bc	4.46	0.35	
	32	7.37 f	0.681a	1.65	2.59 a	0.16a	9.55	0.32	
GAK	0	8.03 b	0.134 de	1.38	0.86 e	0.09 e	6.82	0.29	
	8	8.21 a	0.103 e	1.38	1.37 d	0.11 de	5.58	0.27	
	16	7.90 bcd	0.168de	1.45	1.86 c	0.12 cd	9.92	0.31	
	24	7.93 bc	0.236 de	1.65	2.19 bc	0.14ab	10.42	0.34	
	32	7.84 cd	0.277 cd	1.66	2.46 ab	0.16a	11.03	0.46	
				öd			öd	öd	

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar, asgari önemli fark (LSD) testine göre istatistiksel olarak anlamlı sonuçları temsil etmektedir ( $p < 0.05$ ), öd: önemli değil.



Hem ispanak hem de marul ekilen saksı topraklarının pH değerleri GAK'nin kimyasal gübreyle birlikte uygulanmasında daha iyi sonuç vermiştir. Mahmood ve ark. (2017), çeşidine bakılmaksızın organik gübre ilavesinin toprağın pH'ını düşürdüğünü, Mahmoud ve ark. (2007) ise kompostların toprağa uygulanmasının toprak pH'ında bir miktar düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Çerçioğlu ve ark. (2012), tütün atığı (9.17) ve çiftlik gübresinin (8.70) yüksek pH değerlerine sahip olması nedeniyle toprak pH değerlerinde minimum düzeyde artış olduğunu bildirmiştir. Çeşitli organik materyallerin, uygulandıkları toprakların pH'sını yükselttiğini ya da düşürdüğünü bildiren araştırma sonuçlarından bazıları Çizelge 4'te verilmiştir.

### Elektriksel iletkenlik (EC)

Araştırma topraklarının tuzluluk sorunu bulunmamaktadır (Özsoy, 2001; Tümsavaş, 2003). Toprağa ilave edilen GAK miktarı arttıkça EC değerinin arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). En yüksek EC değeri, 32 g kg<sup>-1</sup> GAK uygulanan saksılarda ölçülmüştür. Kontrol ile karşılaştırıldığında EC değerini marul ekilen saksılarda 2.7 kat, ispanak ekilen saksılarda ise 2.1 kat artırdığı hesaplanmıştır. GAK+NPK birlikte uygulandığında ise EC değerini marul ekilen saksılarda 4.4 kat, ispanak ekilen saksılarda ise 4.2 kat artırdığı ölçülmüştür. Her iki denemede de bu uygulamalar ile kontrol arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Kompost uygulamasına bağlı olarak toprakta EC değerinin arttığını bildiren çeşitli araştırma sonuçları Çizelge 4'te bildirilmiştir.

Çizelge 4. Çeşitli organik materyallerin, uygulandıkları toprak özellikleri üzerine etkilerinin bildirildiği kimi çalışmalar.

Araştırmalar	Bitki	Madde	pH	EC	CaCO <sub>3</sub>	OM	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn		
Eghball ve ark., 2004	Mısır	ÇGK	+	+				+										
Maftoun ve ark., 2004	Ispanak	AÇK		+		+	+	+										
Nathan ve ark., 2005	Kavun	GAK	0	0	0	+	+	+	0	0								
Mahmoud ve ark.,2007	Ispanak	ÇGK	-	+			+	+										
Aziz ve ark., 2010	Mısır	ÇG	0	+		+	+	+	+									
Çitak ve ark., 2011	Ispanak	ÇG	+	+		+	+	+	+									
Cercioglu ve ark., 2012	Marul	TAK	+	+	0	+	0	0	0									
Leogrande ve ark., 2013	Marul	AÇ		+		0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ngwira ve ark., 2013	Mısır	BK	+			+	+	+	+									
Giannakis ve ark., 2014	Marul	AÇK	+															
Liu ve ark., 2014	Marul	YGK	-	+		+	+											
Reis ve ark., 2014	Marul	ÇGK	+	+		+	-	0	+									
Özkan ve ark., 2016	Ispanak	SGK	+	0	0	0		+	0									
Kovács ve ark., 2016	Ispanak	GAK					+	+										
Kumar ve ark., 2016	Ispanak	AÇ												+	+	+		
Rajaie ve Tavakoly,2016	Domates	AÇK	0	+		+							+	+	+	+		
Tamer ve ark., 2016	Ayçiçeği	LEO	0	0	0	+	0	0	-									
AGawad ve Morsy,2017	Mısır	KGK	-	+		+												
Hossain ve Ryu, 2017	Marul	ÇG	+	-		+	+								+			
Mahmood ve ark., 2017	Mısır	ÇG	-			+	+	+	+									
Bıyıklı ve ark., 2020	Mısır	GAÇ	-	+		+	+	+	+						+			
Majaule ve ark., 2020	Ispanak	AÇ	-			+							+	+	+			
Hashimi ve Habibi, 2021	Domates	ÇG	0	0				+	+									
Gezahegn, 2021	Mısır	YG	+			+	+											
Machado ve ark., 2021	Ispanak	AÇK	+		+			+	+									
De Nobile ve ark., 2021	Marul	AÇK	+					+		+	+							
Kelley ve ark., 2022	Ispanak	GAK					+	+	+									
Kebede ve ark., 2023	Pazı	GAK	+	-			+	+										
<b>Araştırmamızda</b>	<b>Marul</b>	<b>GAK</b>	-	+	0	+	+	+	0	0	0	0	0	-	+	0		
<b>Araştırmamızda</b>	<b>Ispanak</b>	<b>GAK</b>	-	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	+		
AÇ: Aritma çamuru			GAÇ: Gıda endüstrisi arıtma çamuru						TAK: Tütün atığı kompostu									
AÇK: Aritma çamuru kompostu			GAK: Gıda atığı kompostu						SGK: Solucan gübresi kompostu									
BK: Bokashi kompost			KGK: Koyun gübresi kompostu						YG: Yeşil gübre									
ÇK: Çiftlik gübresi			LEO: Leonardit						YGK: Yeşil gübre kompostu									
ÇGK: Çiftlik gübresi kompostu			(+) Artmış						(-): Azalmış						(0): Değişmemiş			

Araştırmada kullanılan GAK'nin EC değeri  $5.81 \text{ mS cm}^{-1}$  dir (Çizelge 2). Gondek ve ark., (2020);  $EC > 5 \text{ mS cm}^{-1}$ 'ye sahip bir kompostun yüksek  $\text{Na}^+$  veya diğer iyon konsantrasyonlarının bitkilere zarar verebilecek durumda olabileceğini, bu nedenle kompostlarda çözünebilir tuzların, özellikle de  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'nin azaltılmasının büyük önem taşıdığını bildirmiştir. Yüksek EC'li kaliteli kompostta bulunan diğer çözünebilir tuzlar uygun oranlarda bulunduğu takdirde kompostun toprak veya yetiştirme ortamıyla karıştırılması durumunda bitki büyümesini ve verimini artırabilir (Gondek ve ark., 2020). Ayrıca yüksek EC'ye sahip kompostların, toprak parçacıklarının agregatlaşmasını kolaylaştırarak,  $\text{Na}^+$ 'nın toprak profiline daha derinlemesine sızmasına yardımcı olduğu, bunun yanında toprağın katyon değişim kapasitesini yükseltip toprağın verimlilik kapasitesinin artırmasına yardımcı olduğu bildirilmiştir (Gondek ve ark., 2020). Dolayısıyla kompostlar için uygun uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi,  $EC > 5 \text{ mS cm}^{-1}$  olan kompostlarla ilgili kaygıları giderebileceği, kompost kullanımını ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik edebileceği bildirilmiştir (Gondek ve ark., 2020). Anonim (1988)'e göre EC değeri  $0-4 \text{ mS cm}^{-1}$  arasında değişen topraklar "tuzsuz" olarak sınıflandırılmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre (Çizelge 3); GAK tek başına veya kimyasal gübreyle beraber uygulanmasının toprakta tuzluluk sorununa yol açmadığı dolayısıyla bitkisel üretimi tehdit etmediği belirlenmiştir. Zhang ve ark. (2011) mutlak gerekli olmayan Na elementi, gıda atığı kaynakları arasında değişiklik gösterdiğini ve çok düşük düzeylerden yüksek düzeylere kadar değiştiğini bildirmiştir.

### **Organik madde (%OM)**

Araştırma toprakları organik madde yönünden yetersizdir (Özsoy, 2001; Tümsavaş, 2003). Her iki denemede de toprağa GAK uygulanmasının toprakların organik madde içeriğini kontrol saksılarına göre önemli ölçüde artırdığı, bu artışın istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Marul yetiştirilen toprakların organik madde içeriğinin GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok 6.14 kat artarken sadece GAK uygulamalarında kontrole göre en fazla 2.35 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Ispanak yetiştirilen topraklarda ise organik madde içeriği, GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok 2.56 kat artarken sadece GAK uygulanmasında kontrole göre en fazla 2.86 kat artış kaydetmiştir (Çizelge 3). Kontrol grubundaki saksı topraklarının organik madde içeriği Anonim'e (1988) göre "çok az" ( $\%1 <$ ) ve "az" ( $\%1-2$ ) olarak değerlendirilmektedir. GAK uygulamasından sonra toprakların organik madde içeriği "az" ve "orta" ( $\%2-3$ ) sınıfına yükseldiği belirlenmiştir. Reynolds ve ark. (2015), GAK'ın killi-tın bünyeli toprağın üst 10 cm'lik kısmına uygulandıktan sonraki 11 yıl boyunca toprak organik madde içeriklerinin hala optimum aralıkta bulunduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte toprakların hava kapasitesi, hidrolik iletkenlik, mevcut su kapasitesi ve kütle yoğunluğu gibi toprağın bazı fiziksel özelliklerini de optimum değerlerde kalmasını sağladığını bildirmiştir. Benzer birçok araştırmada toprağa ilave edilen kompostların toprağın organik madde miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Çizelge 4).

### **Toplam azot (N)**

Azot bitkisel üretimde eksikliği en çok hissedilen bitki besin maddesidir ve toprakların N içerikleri genel olarak  $\% 0.02$ 'den düşüktür (Güneş ve ark., 2013). Gıda atıklarında büyük miktarlarda makro besin elementleri bulunur (Facchin ve ark., 2013). Gıda atıkları yüksek düzeyde C, N, P, K, Ca ve Mg içeren organik ürünlerdir (Jara-Samaniego ve ark., 2017; Sall ve ark., 2019). Kelley ve ark. (2022), gıda bazlı kompostların gübre bazlı kompostlara göre toprak N'sini artırabildiğini gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmada marul yetiştirilen toprakların toplam N içeriği  $\%0.07-0.17$  arasında değişmektedir (Çizelge 3). Ispanak yetiştirilen topraklarda ise toplam N içeriğinin ise  $\%0.07-0.16$  arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Hem marul hem de ispanak denemelerinde toprağa GAK uygulanması toprağın toplam N konsantrasyonunu kontrol saksılarına göre istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) ölçüde artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Marul yetiştirilen toprakların toplam N içeriği GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok 2.28 kat artmıştır. GAK tek başına uygulandığında toplam N'un kontrole göre en fazla 2.12 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Ispanak yetiştirilen topraklarda ise toplam N konsantrasyonu, GAK+NPK uygulamalarında marulda olduğu gibi kontrole göre en çok 2.28 kat artarken sadece GAK uygulamalarında kontrole göre en fazla 1.77 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Kontrol grubundaki saksı topraklarının toplam N içeriği Anonim'e (1988) göre "az" ( $\%0.045-0.09$ ) olarak değerlendirilmiştir. GAK uygulamasından sonra toprakların toplam N içeriğinin "yeterli" ( $\%0.09-0.17$ ) sınıfına yükseldiği belirlenmiştir. Kovács ve ark., (2016) daha yüksek dozlarda GAK, toprakta N miktarının artmasına neden olduğunu, ancak daha düşük ve daha yüksek dozların değerleri arasındaki farkların anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Çizelge 4 'te verilen bazı araştırmalarda toprağa ilave edilen kompostların toprağın toplam N miktarını arttırdığı bildirilmiştir.

### **Alınabilir fosfor (P)**

Türkiye topraklarının kireç, pH ve organik madde yönünden sahip olduğu özellikler P yarıyıllılığını ciddi şekilde sınırlayabilecek durumdadır (Güneş ve ark., 2013). Marul yetiştirilen deneme saksılarına ait toprakların

alınabilir P içeriği 5.58-19.72 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir (Çizelge 3). Ispanak yetiştirilen topraklarda ise alınabilir P içeriğinin 4.21-11.03 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Marul denemesinde toprağa GAK uygulanması toprağın alınabilir P konsantrasyonunu kontrol saksılarına göre önemli oranda artırdığı belirlenmiştir (p<0.05). Marul yetiştirilen toprakların alınabilir P içeriği GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok 1.89 kat artmış, sadece GAK uygulamalarında kontrole göre en fazla 3.53 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Her ne kadar ıspanak denemesinde toprağa GAK uygulanması alınabilir P miktarında artış gerçekleştirmiş olsa bile bu artışın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Olsen ve Dean (1965) tarafından bildirilen sınır değerlere göre toprakların alınabilir P konsantrasyonları değerlendirildiğinde GAK uygulaması ile “orta” (5-10 mg kg<sup>-1</sup>) düzeydeki P içeriğinin “yeterli” (>10 mg kg<sup>-1</sup>) seviyeye yükseldiği değerlendirilmektedir. Kovács ve ark. (2016), GAK'nın daha düşük dozda uygulanması toprakta çözünebilir PO<sub>3</sub>-P'yi değiştirmemiş, daha yüksek miktar (60 t ha<sup>-1</sup>) ise değer artmasına neden olduğunu bildirmiştir. Kelley ve ark. (2022) gıda atığı kompostunun ıspanaktaki P ve K konsantrasyonlarını arttırdığını bildirmişlerdir (Çizelge 4).

#### **Alınabilir mikroelementler (Fe, Cu, Zn ve Mn)**

Denemede analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan alınabilir mikroelement konsantrasyonları değerlendirildiğinde; marul yetiştirilen toprakların alınabilir Cu içeriği 1.05-1.40 mg kg<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir. Denemede uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur (Çizelge 5). Marul yetiştirilen toprakların alınabilir Cu içeriğinin GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok %18.25 azaldığı belirlenmiştir. GAK uygulamalarında kontrole göre en fazla %22.9 azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 5). Ispanak ekilen toprakların alınabilir Cu içeriği değerlendirildiğinde uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Çizelge 5). Toprakların alınabilir Cu konsantrasyonları, hem marul hem de ıspanak ekilen topraklarda, FAO (2008) tarafından bildirilen ve yüksek (0.8-3 mg kg<sup>-1</sup>) olarak kabul edilen sınır değerlerin arasında olduğu belirlenmiştir.

Marul yetiştirilen toprakların alınabilir Zn içeriği 0.22-0.63 mg kg<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir (Çizelge 5). Ispanak yetiştirilen topraklarda 0.41-1.36 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 5). Her iki denemede de uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur. Marul yetiştirilen topraklarda GAK+NPK uygulamasının toprakların alınabilir Zn içeriğini %27.27 artırmış ve GAK'nin tek başına uygulandığı konularda ise alınabilir Zn içeriğinde artış olmamıştır. FAO (2008) tarafından bildirilen ve çok düşük (0-0.5 mg kg<sup>-1</sup>) olarak kabul edilen sınır değerlerde olduğu belirlenmiştir. Ispanak ekilen topraklarda ise GAK+NPK beraber ve GAK'nin tek başına uygulandığı toprakların alınabilir Zn içeriğinin kontrole göre sırasıyla %31.11 ve %59.40 arttığı belirlenmiştir. GAK+NPK uygulamalarından 24 ve 32 g kg<sup>-1</sup> uygulama konularında dışında toprakların Zn içerikleri FAO (2008) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre düşük (0.5-1 mg kg<sup>-1</sup>) seviyededir.

Toprakların alınabilir Mn içerikleri incelendiğinde; ıspanak yetiştirilen toprakların alınabilir Mn içeriği 2.92-6.79 mg kg<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir. Ispanak ekilen topraklarda GAK+NPK beraber ve GAK'nin tek başına uygulandığı toprakların alınabilir Mn içeriğinin kontrole göre sırasıyla %39.52 ve %56.99 arttığı belirlenmiştir. 16, 24 ve 32 g kg<sup>-1</sup> GAK uygulanan toprakların Mn konsantrasyonu, FAO (2008) tarafından bildirilen ve yüksek (3.5-6 mg kg<sup>-1</sup>) ve çok yüksek (>6mg kg<sup>-1</sup>) olarak kabul edilen sınır değerde oldukları belirlenmiştir (Çizelge 5). Denemede uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur. Ancak marul ekilen toprakların alınabilir Mn konsantrasyonları değerlendirildiğinde; uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Gıda atıklarında mikroelement konsantrasyonları düşüktür (Facchin ve ark., 2013). Çalışmalar gıda atıklarında Co ve Se'nin tespit edilmediğini ve Fe, Ni ve Mo düzeylerinin düşük olduğunu göstermiştir (Voelklein ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2007). Temel mikroelementlerden Mn, Zn ve Cu ise bulunduğu bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2011). Hatta organik gübre seviyesinin artmasıyla Zn içeriği de arttığı bildirilmiştir (Hossain ve Ryu, 2017). Çizelge 4'te artan dozlarda gıda endüstrisi arıtma çamuru uygulamasının toprakta Fe, Zn, Mn ve Cu içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Bıyıklı ve ark., 2019).

## **SONUÇ ve ÖNERİLER**

Denemede saksı topraklarına kompostlaştırılmış evsel gıda atığı uygulanmasının olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir. Gıda atıkları kompostu (GAK) organik gübre olarak ve/veya toprak düzenleyici olarak kullanılabilir. GAK tek başına ya da 15-15-15 NPK gübresi gibi ticari bir kaynak birlikte kullanılarak toprakta birbirinden farklı etkide bulunmuştur. GAK, toprağa en yüksek uygulama oranı olan 32 g kg<sup>-1</sup> (8 t da<sup>-1</sup>) eklendiğinde elde edilen sonuçlar ile hiç gübreleme yapılmayan kontrol saksılarının sonuçları karşılaştırılmıştır. Hem marul hem de ıspanak yetiştirilen denemede elde edilen sonuçların ortalamaları birlikte değerlendirildiğinde; toprağın EC'sini %57.21, organik maddeyi %61.23, toplam N'yi %48.35 oranında artırdığı ve toprak pH'ını %3.29 oranında düşürdüğü belirlenmiştir. Toprağa GAK + NPK uygulandığında ise, toprağın




EC'sini %76.85, organik maddeyi %72.35, toplam N'yi %56.25 ve alınabilir Zn'yi %29.19 oranında artırdığı, toprak pH'ını da %4.66 oranında azalttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlarda farklı olarak; GAK tek başına uygulandığında marul bitkisinin bulunduğu topraklarda alınabilir P miktarındaki artış %67.63, GAK+NPK uygulamasında %47.14 artış gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, gıda atığı kompostunun, organik atıkları çöplüklerden uzaklaştırarak gıda sistemlerinin döngüselliğini ve sürdürülebilirliğini artırmaya yardımcı olmak adına değerlendirilmesi gereken kaynaklar olduğunu ve uygun bir gübreleme ile vertisol toprakta marul ve ispanak bitkisinin büyümesinde ve verimliliğinde artışlar sağladığını göstermiştir.

**Teşekkür:** Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir, Proje No: FHIZ-2022/835.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarı hiçbir kimseyle arasında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazar makaleye tek başına katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Serhat GÜREL  <http://orcid.org/0000-0002-2971-8353>

## KAYNAKLAR

- Abd El-Gawad, A.M., Morsy, A.S.M. 2017. Integrated impact of organic and inorganic fertilizers on growth, yield of maize (*Zea mays* L.) and soil properties under upper Egypt conditions. *J. Plant Production*, Mansoura Univ., 8(11): 1103-1112. <https://doi.org/10.21608/jpp.2017.41121>
- Aksoy, E., Dirim, M.S., Tümsavaş, Z., Özsoy, G. 2001. Formation of Uludag University Campus Area Soils, Important Physical, Chemical Properties and Classification. Research Fund of the University of Uludag, Project No:98/32, Bursa, Turkey, 118p.
- Anonim. 1988. Türkiye gübreler ve gübreleme rehberi. T.C.T.O.K.B. Köy Hizmetleri genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Genel Yayın No: 151, Teknik Yayın No: T-50, Ankara, 182s.
- Anonim. 1994. Method EPA 3051, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, 1–14. Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Aziz, T., Ullah, S., Sattar, A., Nasim, M., Farooq, M., Khan, M. 2010. Nutrient Availability and Maize (*Zea mays*) Growth in Soil Amended with Organic Manures. *International Journal of Agriculture & Biology*, 12(4): 621-624. 10-070/RAS/2010/12-4-621-624
- Barzee, T.J., Edalati, A., El-Mashad, H., Wang, D., Scow, K., Zhang, R. 2019. Digestate Biofertilizers Support Similar or Higher Tomato Yields and Quality Than Mineral Fertilizer in a Subsurface Drip Fertigation System. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 58(3): 1-13; doi: 10.3389/fsufs.2019.00058
- Bıyıklı, M., Dorak, S., Aşık, B.B. 2020. Effects of Food Industry Wastewater Treatment Sludge on Corn Plant Development and Soil Properties. *Pol. J. Environ. Stud.*, 29(4): 2565-2578; doi: 10.15244/pjoes/112897
- Bolan, N., Kunhikrishnan, A., Thangarajan, R., Kumpiene, J., Park, J., Makino, T., Kirkham, M.B., Scheckel, K. 2014. Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils – To mobilize or to immobilize? *Journal of Hazardous Materials*, 266(1):141-166. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.018>
- Bouyoucos, G.H. 1951. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Journal of Agronomy*, 43(1): 434-438.
- Bremner, J.M. 1965. *Total nitrogen*. C.A. Black (Ed) Methods of soil analysis, Part 2. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, pp 1149-1178.
- Cecilia, J.A., Garcia-Sancho, C., Maireles-Torres, P. J., R., Luque. 2019. Industrial food waste valorization: a general overview. Biorefinery. Springer, pp. 253-277. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-10961-5-11>
- Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrera, R., Gea, T., Sánchez, A. (2018). Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresour Technol*, 248: 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133>
- Cheong, J.C., Lee, J.T., Lim, J.M., Song, S., Tan, J.K., Chiam, Z.Y., Yap, K.Y., Lim, E.Y., Zhang, J., Tan, H.T. 2020. Closing the food waste loop: Food waste anaerobic digestate as fertilizer for the cultivation of the leafy vegetable, xiao bai cai (*Brassica rapa*). *Science of The Total Environment*, 715: 136789; doi:10.1016/j.scitotenv.2020.136789

- Çerçioğlu, M., Okur, B., Delibacak, S., Ogun, A.R. 2012. Effects of Tobacco Waste and Farmyard Manure on Soil Properties and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43:875–886; doi: 10.1080/00103624.2012.653023
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., Yasin, S. 2011. The effect of vermicompost and barnyard manure applications on the development of spinach plant and soil fertility. West Mediterranean Agricultural Research Institute. *Derim Journal*, 28(1): 56-59.
- De Nobile, F.O., Hurtado, A.C., Prado, R.de M., de Souza, H.A., Anunciação, M.G., Palaretti, L.F., Dezem, L.A.S.N. 2021. A novel technology for processing urban waste compost as a fast releasing nitrogen source to improve soil properties and broccoli and lettuce production. *Waste and Biomass Valorization*, 12(1):6191–6203; <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01415-z>
- Eghball, B., Ginting, D., Gilley, J.E. 2004. Residual Effects of Manure and Compost Applications on Corn Production and Soil Properties. *Agron. J.*, 96:442–447. <http://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/14>
- Facchin, V., Cavinato, C., Fatone, F., Pavan, P., Cecchi, F., Bolzonella, D. 2013. Effect of trace element supplementation on the mesophilic anaerobic digestion of foodwaste in batch trials: The influence of inoculum origin. *Biochemical Engineering Journal*, 70: 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2012.10.004>
- FAO, 2008. Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 19 (Eds. M. R. Motsara, R. N. Roy), Rome. ISBN 978–92–5–10598. <https://jardindemaud.fr/pdf/MotsaraMRetal.pdf>
- Gezahegn, A.M. 2021. Effect of organic fertilizers on maize (*Zea mays* L.) production and soil physical and chemical properties. *World Applied Sciences Journal*, 39 (1): 11-19; doi: 10.5829/idosi.wasj.2021.11.19
- Giannakis, G.V., Kourgiyalas, N., Paranychianakis, N.V., Nikolaidis, N.P., Kalogerakis, N. 2014. Effects of Municipal Solid Waste Compost on Soil Properties and Vegetables Growth. *Compost Science & Utilization*, 22(3):116-131, doi: 10.1080/1065657X.2014.899938
- Gill, S.S., Jana, A.M., A., Shrivastav. 2014. Aerobic Bacterial Degradation of Kitchen waste: A review. *J Microbiol Biotechnol Food Sci.*, 3(6): 477-483. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2014.3.6.477-483>
- Giménez, A., Gómez, P. Á., Bustamante, M. A., Pérez-Murcia, M. D., Martínez-Sabater, E., Ros, M., Pascual, J.A., Egea-Gilabert, C., Fernández, J. A. 2021. Effect of Compost Extract Addition to Different Types of Fertilizers on Quality at Harvest and Shelf Life of Spinach. *Agronomy*, 11(4): 632; doi:10.3390/agronomy11040632
- Ghinea, C., Leahu, A. 2020. Monitoring of Fruit and Vegetable Waste Composting Process: Relationship between Microorganisms and Physico-Chemical Parameters. *Processes*, 8(3): 302. <https://doi.org/10.3390/pr8030302>
- Gondek, M., Weindorf, D. C., Thiel, C., Kleinheinz, G. 2020. Soluble Salts in Compost and Their Effects on Soil and Plants: A Review. *Compost Science and Utilization*. 28 (2): 59-75. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2020.1772906>
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., Meybek, A. 2011. Global food losses and food waste. The Swedish Institute for Food and Biotechnology Save Food Congress, Düsseldorf 16 May 2011.
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A. 2013. *Bitki Besleme ve Gübreleme*. 6. Baskı, Ders Kitabı No: 533, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 158, Ankara, ISBN 978-975-482-878-8
- Hafid, H. S., Rahman, N. A. A., Shah, U. K. M., Baharuddin, A. S., Ariff, A.B. 2017. Feasibility of using kitchen waste as future substrate for bioethanol production: a review. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 74 (2): 671–686; doi: 10.1016/j.rser.2017.02.071
- Hashimi, R., Habibi, H.K. 2021. Effects of organic and inorganic fertilizers Applications levels on greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum*) yield and soil quality in Khost Province. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 7(4): 1-10; doi: 10.9734/AJSSPN/2021/v7i430117
- Hernández, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., López, J., Sánchez, E. 2010. Effect of Vermicompost and Compost on Lettuce Production. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70 (4): 583-589. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000400008>
- Hossain, M. B., Ryu, K. S. 2017. Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) and Soil Properties. *SAARC J. Agri.*, 15(2): 93-102. <http://dx.doi.org/10.3329/sja.v15i2.35158>
- Jackson, M. L. 1958. *Soil chemical analysis*, 38–226. New Jersey, USA: Prentice Hall Inc.
- Jakhro, M. I., Shah, S. I., Zehri, M. Y., Rahujo, Z. A., Ahmed, S., Ahmed, S., Jakhro, M. A. 2017. Growth and Yield of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Under Fluctuating Levels of Organic and Inorganic Fertilizers. *International Journal of Development Research*, 7(2):11454-11460. Issn: 2230-9926, <http://www.journalijdr.com>.
- Jara-Samaniego, J., Pérez-Murcia, M.D., Bustamante, M.A., Paredes, C., Pérez-Espinosa, A., Gavilanes-Terán, I., López, M., Marhuenda-Egea, F.C., Brito, H., Moral, R. 2017. Development of organic fertilizers from food

- market waste and urban gardening by composting in Ecuador. *Plos One*, 12(7): 1-17; doi: 10.1371/journal.pone.0181621
- Kacar, B., ve İnal. A. 2008. *Bitki analizleri* (1. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık. No.1241 Ankara, 892s.
- Kacar, B. 2009. *Toprak Analizleri* (3. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık, No. 1387. Ankara, 466 s.
- Kacar, B., ve Kütük, C. 2010. *Gübre Analizleri* (1. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık, No.1497, Ankara. 400 s.
- Karaman, M.R., Brohi, A.R., Müftüoğlu, N.M., Öztaş, T., Zengin, M. 2012. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği, 3. Baskı, Koyulhisar Ziraat Odası Kültür yayınları No:1, Pelin Matbaacılık, 391s. ISBN 978-605-86684-0-9
- Kebede, T., Diriba, D., Boki, A. 2023. The effect of organic solid waste compost on soil properties, growth, and yield of swiss chard crop (*Beta vulgaris* L.). Hindavi, *The Scientific World Journal*, Vol. 2023, Article ID 6175746, 10p; doi:10.1155/2023/6175746
- Kelley, A. J., Campbell, D. N., Wilkie, A. C., Maltais-Landry, G. 2022. Compost Composition and Application Rate Have a Greater Impact on Spinach Yield and Soil Fertility Benefits Than Feedstock Origin. *Horticulturae*, 8(8): 688. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080688>
- Kovács, A.B., Kremper, R., Kincses, I., Leviczky, Á. 2016. Influences of different organic fertilizers on nutrients of humic sandy soil and on the growth of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Agraria Debreceniensis*, 70: 23-28; doi:10.34101/actaagrar/70/1812
- Kumar, V., Chopra, A.K., Srivastava, S. 2016. Assessment of Heavy Metals in Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Grown in Sewage Sludge Amended Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(2): 221-236, 10.1080/00103624.2015.1122799
- Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O., Ward, P.J. 2012. Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of The Total Environment*. 438:477-489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092>
- Leogrande, R., Lopodota, O., Fiore, A., Vitti, C., Ventrella, D., Montemurro, F. 2013. Previous crops and organic fertilizers in lettuce: effects on yields and soil properties. *Journal of Plant Nutrition*, 36(13):1945–1962; doi: 10.1080/01904167.2012.754042
- Lindsay, W. L., ve Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42:421–28. doi:10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x
- Liu, C.W., Sung, Y., Chen, B.C., Lai, H.Y. 2014. Effects of Nitrogen Fertilizers on the Growth and Nitrate Content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11: 4427-4440; doi:10.3390/ijerph110404427
- Lodha, S., Sharma, S.K., Aggrawal, R.K. 2002. Inactivation of *Macrophomina phaseolina* propagules during composting and effect of composts on dry root rot severity and on seed yield of clusterbean. *Eur J Plant Pathol*, 108(3): 253-361. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015103315068>
- Machado, R. M. A., Alves-Pereira, I., Lourenço, D., Ferreira, R.M.A. 2020. Effect of organic compost and inorganic nitrogen fertigation on spinach growth, phytochemical accumulation and antioxidant activity. *Heliyon*, 6(9): e05085. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05085>
- Maftoun, M., Moshiri, F., Karimian, N., Ronaghi, A.M. 2004. Effects of Two Organic Wastes in Combination with Phosphorus on Growth and Chemical Composition of Spinach and Soil Properties. *Journal of Plant Nutrition*, 27 (9): 1635-1651. <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-200026005>
- Mahmoud, E., Abd El-Kader, N., Elbaroudy, A., Lamyaa, A.R. 2007. Residual effects of different organic and inorganic fertilizers on spinach (*Spinacia Oleracea* L.) plant grown on clay and sandy soils. *J.Agric.&Env.Sci.Alex.Univ.*, Egypt, 6 (3): 49-65.
- Mahmoud, F., Khan, I., Ashraf, U., Shahzad, T., Hussain, S., Shahid, M., Abid, M., Ullah, S. 2017. Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physico-chemical properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(1): 22-32. doi:10.4067/S0718-95162017005000002
- Majaule, U., Dikinya, O., Glaser, B. 2020. Interactive effects of biochar and sewage sludge on bioavailability and plant uptake of Cu, Fe, and Zn, and spinach (*Spinacia oleracea* L.) yields under wastewater irrigation. *Agronomy*, 10(1901):7-15; doi:10.3390/agronomy10121901
- Mak, T. M. W., Xiong, X., Tsang, D. C. W., Yu, I. K. M., C. S. Poon. 2020. Sustainable food waste management towards circular bioeconomy: Policy review, limitations and opportunities. *Bioresourcetechnology*, 297(2020):122497;doi:10.1016/j.biortech.2019.122497
- Melikoğlu, M., Lin, C.S.K., Webb, C. 2013. Analysing global food waste problem: pinpointing the facts and estimating the energy content. *Central European Journal of Engineering*, 3(2):157-164. <https://doi.org/10.2478/s13531-012-0058-5>
- Munesue, Y., Masui, T., Fushima, T. 2015. The effects of reducing food losses and food waste on global food insecurity, natural resources, and greenhouse gas emissions. *Environmental Economics and Policy Studies*, 17:43–77; doi 10.1007/s10018-014-0083-0

- Nasreen, Z., Qazi, J.I. 2012. Lab scale composting of fruits and vegetable waste at elevated temperature and forced aeration. *Pak J Zool.*, 44(5):1285-1290; doi: 0030-9923/2012/0005-1185 \$ 8.00/0
- Nathan, E.M., Starbuck, C.J., Kremer, R.J., Jett, L.W. 2005. Effects of a Food Waste-Based Soil Conditioner on Soil Properties and Plant Growth. *Compost Science & Utilization*, 13 (2): 116-121; doi: 10.1080/1065657X.2005.10702227
- Ngwira, A.R., Nyirenda, M., Taylor, D. 2013. Toward Sustainable Agriculture: An Evaluation of Compost and Inorganic Fertilizer on Soil Nutrient Status and Productivity of Three Maize Varieties Across Multiple Sites in Malawi. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(8):859-881; doi: 10.1080/21683565.2013.763889
- O'Connor, J., Hoang, S.A., Bradley, L., Dutta, S., Xiong, X., Tsang, D.C.W., Ramadass, K., Vinu, A., Kirkham, M.B., Bolan, N.S. 2021. A review on the valorisation of food waste as a nutrient source and soil amendment. *Environmental Pollution*, 272: 115985. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115985>
- Olsen, S. R., Dean, L. A. 1965. *Phosphorus*. In Methods of soil analysis. Part II, ed. C. A. Black, 1035–49. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy Inc.
- Ok, Y.S., Uchimiya, S.M., Chang, S.X., Bolan, N. 2015. *Biochar*: Production, characterization, and applications. CRC Press, Florida, USA, 408p.
- Özkan, N., Dağlıoğlu, M., Ünser, E., Müftüoğlu, N.M. 2016. Vermikompostun ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.*, 4 (1): 1-5, [www.researchgate.net/publication/311845432](http://www.researchgate.net/publication/311845432)
- Özsoy, G. 2001. Uludağ Üniversitesi Kampüs Alanı Topraklarının Genesisi ve Sınıflandırılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Bursa. 120s.
- Pathak, A.K., ve Christopher, K. 2019. Study of socio-economic condition and constraints faced by the farmers in adoption of Bio fertilizer in Bhadohi district (Uttar Pradesh). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8 (2): 1916-1917. e-issn: 2278-4136
- Poore, J., ve Nemecek, T., 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392): 987-992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Rajaie, M., ve Tavakoly, A.R. 2016. Effects of municipal waste compost and nitrogen fertilizer on growth and mineral composition of tomato. *Int J Recycl Org Waste Agricult*, 5:339–347; doi: 10.1007/s40093-016-0144-4
- Reis, M., Coelho, L., Beltrão, J., Domingos, I., Moura, M. 2014. Comparative effects of inorganic and organic compost fertilization on lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Energy and Environment*, 8 (1): 137-146. <https://www.researchgate.net/publication/263854351>
- Reyes-Torres, M., Oviedo-Ocaña, E., Dominguez, L., Komilis, D., Sánchez, A. 2018. A systematic review on the composting of green waste: Feedstock quality and optimization strategies. *Waste Management*, 77(1): 486-499, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.037>
- Reynolds, W.D., Drury, C.F., Tan, S., Yang, M. 2015. Temporal effects of food waste compost on soil physical quality and productivity. *Can. J. Soil Sci.*, 95(1): 251-268; doi:10.4141/CJSS-2014-114
- Robarge, W. P., Edwards, A., Johnson, B. 1983. Water and waste water analysis for nitrate via nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14 (12):1207–15. doi: 10.1080/00103628309367444
- Sall, P.M., Antoun, H., Chalifour, F.P., Beauchamp, C.J. 2019. Potential use of leachate from composted fruit and vegetable waste as fertilizer for corn. *Cogent Food & Agriculture*, 5: 1580180, <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1580180>
- Shetha, P., Small G. E., Kay, A. 2020. Quantifying nutrient recovery efficiency and loss from compost-based urban agriculture. *Plos One*, 15(4):1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230996>
- Sogn, T. A., Dragicevic, I., Linjordet, R., Krogstad, T., Eijsink, V.G., Eich-Greatorex, S. 2018. Recycling of biogas digestates in plant production: NPK fertilizer value and risk of leaching. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 7:49–58. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0188-0>
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenol hypochlorite method. *Limnology and Oceanography*, 14 (5):799–801. doi: 10.4319/lo.1969.14.5.07
- Sotamenoua, J., ve Parrot, L. 2013. Sustainable urban agriculture and the adoption of composts in Cameroon. *Int J Agric Sustain.*, 11 (3): 282-295. <http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2013.811858>
- Swift, R. S., Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Sumner, M. E. 1996. *Organic matter characterization*. In Methods of soil analysis. Part 3: Chemical methods. Madison, USA: Soil Science Society America Inc, 1011–69.

- Tamer, N., Başalma, D., Türkmen, C., Namlı, A. 2016. Organik toprak düzenleyicilerin toprak parametreleri ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4 (1): 11-21, e-ISSN: 2146-8141
- Tampio, E., Ervasti, S., Rintala, J. 2015. Characteristics and agronomic usability of digestates from laboratory digesters treating food waste and autoclaved food waste. *Journal of Cleaner Production*, 94: 86-92; doi: 10.1016/j.jclepro.2015.01.086
- Thi, N.B.D., Kumar, G., Lin, C.Y. 2015. An overview of food waste management in developing countries: Current status and future perspective. *J Environ Manage*, 157: 220-229. doi:10.1016/j.jenvman.2015.04.022
- Tümsavaş, Z. 2003. Bursa ili vertisol büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleriyle belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2): 9-21. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/153982>
- USDA. 2013. U.S. dept. of agriculture soil taxonomy. Accessed November 14, 2013. Erişim adresi: <http://www.soils.usda.gov/technical/classification/osd/index.html>
- Voběrková, S., Maxianová, A., Schlosserová, N., Adamcová, D., Vršanská, M., Richtera, L., Gagić, M., Zloch, J., ve Vaverková, M. D. 2020. Food waste composting - Is it really so simple as stated in scientific literature? – A case study. *Science of the Total Environment*, 723 (1):1-14. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138202
- Voelklein, M.A., O’Shea, R., Jakob, A., Murphy, J.D. 2017. Role of trace elements in single and two-stage digestion of food waste at high organic loading rates. *Energy*, 121(1): 185-192, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.01.009>
- Walkley, A., ve Black, L. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soils organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29–38.
- Waqas, M., Nizami, A.S., Aburiazza, A.S., Barakat, M.A., Rashid, M.I., Ismail, I.M.I. 2018. Optimization of food waste compost with the use of biochar. *Journal of Environmental Management*, 216(1): 70-81; doi:10.1016/j.jenvman.2017.06.015
- Xu, F., Li, Y., Ge, X., Yang, L., Li, Y. 2018. Anaerobic digestion of food waste – Challenges and opportunities. *Bioresource Technology*, 247 (1) :1047-1058, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.020>
- Yağmur, B., ve Okur, B. 2018. Bazı Doğal Toprak Düzenleyicilerin Mısır (*Zea Mays* L.) Bitkisinin Verim Parametreleri Üzerine Etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(4): 471-477. Doi: 10.20289/zfdergi.419225
- Yang, F., Li, Y., Han, Y., Qian, W., Li, G., Lua, W. 2019. Performance of mature compost to control gaseous emissions in kitchen waste composting. *Science of the Total Environment*, 657(1): 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.030>
- Zhang, L., Lee, Y.W., Jahng, G. 2011. Anaerobic co-digestion of food waste and piggery wastewater: Focusing on the role of trace elements. *Bioresource Technology*, 102(8): 5048-5059. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.01.082>
- Zhang, R., El-Mashad, H.M., Hartman, K., Wang, F., Liu, G., Choate, C., Gamble, P. 2007. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 98(4): 929-935. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.02.039>