



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Domates üretim atık ve artıklarından kompost eldesi

Murat Durmuş *, Rıdvan Kızılkaya

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Özet

Bitkisel kökenli tarımsal atıkların kompostlanarak tekrar tarım topraklarına ve doğaya kazandırılması hem topraklarda eksilen organik madde eksikliğini kapatmak hem de çevre sorunlarının önüne geçmek açısından önemlidir. Bu çalışmada, domates hasadı sonrası açığa çıkan artık ve atıkların herhangi bir diğer bitkisel ve hayvansal atık materyal ile karıştırılmaksızın hayvan gübresindeki mikroorganizmalar ile aşılansakompostlanabilme durumları araştırılmıştır. Bununla beraber, kompostlanma süresince bitkisel materyalin bazı özelliklerindeki değişimler de incelenmiştir. Bu amaçla, domates artık ve atıklarından oluşan biyokütle hayvan gübresinden ekstrakte edilen çözelti ilave edilerek % 60 nem koşulunda windrow yöntemi ile kompostlanmıştır. Kompost yığınının sıcaklık, pH, EC, organik C, C/N oranı ve mikrobiyal biyomas C içeriğindeki değişimler 90 günlük kompostlanma sürecince saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yığının sıcaklığı 38. günde termofilik faza ulaşmış, en yüksek sıcaklık 59. günde 65°C olarak belirlenmiş ve 64. günde termofilik faz tamamlanmıştır. Başlangıçta, bitkisel biyokütlenin C/N oranı 39 ve pH'sı 6.21 iken, 90 günün sonunda sırasıyla 12.7 ve 7.50 olarak belirlenmiştir. Deneme sonunda, domates atık ve artıklarının windrow yöntemi ile herhangi bir diğer bitkisel ve hayvansal atıklar ile karıştırılmaksızın, mikrobiyal inokülasyon ile başarılı bir şekilde kompostlanabileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompost, domates artık ve atıkları, windrow, C/N.

Composting of the post-harvested tomato plant wastes and residues

Abstract

It is important to recycling of plant originated agricultural wastes to farmlands and nature as a compost material in terms of dealing with the lack of organic matter in soil and environmental problems. In this study, composting of the post-harvest tomato plant wastes and residues was investigated only inoculating with microorganisms obtained from animal manure without mixing any other plant or animal waste material. Also, changes in some properties of the plant material during the composting process were determined. For this purpose, the extract obtained from animal manure was added to the biomass including tomato waste and residues, and it was composted by windrow method at 60% humidity condition. Changes in temperature, pH, EC, organic carbon, C/N ratio and microbial biomass carbon content of compost pile were determined during the 90 days of composting process. According to the results, the temperature of the compost pile reached the thermophilic phase at 38th day, the highest temperature was determined at 59th days as 65°C and thermophilic phase completed at 64th days. While initial C/N ratio and pH of plant biomass were 39 and 6.21, they were determined as 12.7 and 7.50 at the end of 90 days, respectively. At the end of the experiment, it was determined that post-harvest tomato plant wastes and residues could be successfully composted with only microbial inoculation by windrow method without mixing with any other plant and animal wastes.

Keywords: Compost, tomato waste and residues, windrow, C/N.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Kompostlama, organik bileşiklerin aerobik veya anaerobik şartlarda mikroorganizmalar aracılık ettiği süreçler ile karalı hale getirildiği bir işlem olup, kompostlama sürecinde organik bileşiklerin özellikle kolay parçalanabilen kısımları ile oksijen mikroorganizmalar tarafından tüketilirken, aktif kompostlama esnasında ısı, karbon dioksit (CO₂) ve su buharı üretilmektedir (Shimizu, 2017). Kompostlama süreci sonunda, organik bileşikler stabil bir özellik kazanırken, kompostlama öncesindeki miktarı ve hacmi ile karşılaştırıldığında hem hacmi hem de ağırlığı azalmaktadır (Bernal ve ark., 2009). Kompostlama süreci boyunca mikrobiyal gelişim için uygun koşulların sağlanması ve bu koşulların muhafaza edilmesi durumunda organik bileşiklerin kompostlanma süresi oldukça hızlı olmaktadır (de Bertoldi ve ark., 1983; Kızılkaya ve ark., 2015). Kompostlama süreci için ise en temel şartlar, ortamın yeterli miktarda nem ve aerobik organizmalar için

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 1919

E-posta : murat.durmus@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 01 Nisan 2018

Kabul Tarihi : 19 Eylül 2018

e-ISSN : 2146-8141

oksijen içeriği ile hızlı bir mikrobiyal gelişme için ortamdaki mevcut mineral azot ve kolay parçalanabilir monosakkaritlerin yada basit şekerlerin mikrobiyal enerji kaynağı olarak ortamda bulunmasıdır (de Bertoldi ve ark., 1983; Kızılkaya ve ark., 2016). Organik bileşiklerin kompostlanması sonunda, kompostun kimyasal özellikleri ile topraklara uygulandıktan sonra toprak özelliklerinde meydana getirdiği olumlu etkilerin, bu organik bileşiklerin kompostlanmadan önceki özellikleri ile kıyaslandığında çok daha fazla olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Alagöz ve ark., 2006; Kızılkaya, 2016). Bu nedenle, organik bileşiklerin kompostlandıktan sonra tarım topraklarına uygulanması hem toprak işleme gibi tarımsal pratiklerin daha kolay yapılmasını ve uygulama kolaylığı sağlamakta hem de daha stabil bir materyalin toprakla buluşması temin edildiği için tercih edilmektedir (Alagöz ve ark., 2006; Demir ve Gülser, 2015; Aşkın ve Aygün, 2018).

Topraklara organik madde ilavesinin toprakların hem fiziksel ve kimyasal ve hemde biyolojik özellikleri üzerinde olumlu yönde etki ettiği, buna bağlı olarak toprak verimliliğinin ve bitkisel ürün veriminin arttığına dair oldukça çok sayıda bilimsel araştırma mevcuttur (D'Hose ve ark., 2012; Gülser ve ark., 2015a; Delibacak ve Ongun, 2016). Ülkemiz topraklarında da azalan toprak organik madde seviyesinin tekrardan artırılmasına dair pek çok araştırma yürütülmüş, konu ile ilgili pek çok bilimsel araştırma yayınlanmıştır (Gülser ve ark., 2015b). Bu araştırmaların pek çoğunda, toprak organik madde seviyesinin artırılmasına yönelik bitkisel ve hayvansal atıkların ve bunlardan elde edilen kompostların kullanılabilmesi belirtilmiştir (Haynes ve ark., 1998). Özellikler bitkisel atıkların kompostlanmasında, klasik yöntem olarak karışımın C/N oranını dengelemek ve mikrobiyal inokülasyonu sağlamak amacıyla özellikle büyükbaş hayvansal kökenli artık veya atıklarla karıştırılmak suretiyle kompostlanması gerektiği pek çok literatürde ifade edilmekte (Xi ve ark., 2003), ancak yapılan tarım şekline ve koşullara bağlı olarak bu şekli ile karışımlardan kompost eldesinin sağlanması için yeterli miktarda büyükbaş hayvan gübresi de bulunmamaktadır. Bu durum özellikle domates yetiştiriciliğinin yapıldığı seralarda ortaya çıkan bir durumdur.

Türkiye'de üretilen sebzeler arasında domates 11.8 milyon ton üretim miktarı ile birinci sırada yer almaktadır (TUİK, 2017). Toplam domates üretiminin bir kısmı örtü altı yetiştiriciliği olarak yapılmaktadır ve günümüz verilerine göre 4 milyon tona yakın bir kısmı seralarda üretilmektedir (TUİK, 2017). Yapılan çalışmalarda, yoğun sera yetiştiriciliğinin yapıldığı Antalya yöresinde sadece domates seralarından her yıl kuru madde olarak 111.480.99 ton biyokütle atığının çıktığı bildirilmiştir (Kürklü ve ark., 2004). Sadece Antalya yöresindeki domates seralarından elde edilen domates atıklarının klasik yöntemler ile büyükbaş hayvan gübresi ile karıştırılarak kompostlanabilmesi için ihtiyaç duyulan hayvan gübresi miktarı yaklaşık 50.000 tonun üzerindedir. Bu durum ise, pratikte domates atık veya artıklarının büyükbaş hayvan gübresi ile karıştırılması ve aerobik yöntemler ile klasik yöntemlerde kompostlanmasını, bu amaç için yeterli büyükbaş hayvan gübresinin bulunmamasından dolayı imkansız hale getirmektedir.

Bu çalışmada, domates yetiştiriciliği sırasında ve yetiştiriciliğin sonunda açığa çıkan domates atık ve artıklarının her hangi bir şekilde büyükbaş hayvansal gübre ile karıştırmaksızın, sadece büyükbaş hayvan gübresinden izole edilen mikroorganizmalar ile aşılması sonunda kompostlanabilme olanaklarının araştırılması ile kompostlanma süresi boyunca atığın bazı özelliklerindeki (sıcaklık, pH, EC, C/N ve toplam mikrobiyal biyomas C) değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Domates atık ve artıklarının toplanması

Domates üretim artıklarından kompost eldesi sağlamak amacıyla, Samsun'un Bafra ilçesinde domates üretimi yapılan arazilerden domates bitkisine ait hasat sonu tüm atık ve artıklar (kök, gövde, sap ve yaprak olmak üzere tüm biyomass) toplanarak, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü seralarına getirilmiş ve kontrollü koşullarda kompostlama süreci için kuru ortamda muhafaza edilmiştir. Homojen bir şekilde karıştırılan bitkisel atıkların kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Tablo 1'de verilen analizler yapılmıştır.

Tablo 1. Domates artık ve atıklarının özelliklerinin saptanması amacıyla uygulanan yöntemler (Ryan ve ark., 2001; Kacar ve Kütük, 2010)

Analiz	Uygulanan Yöntem
Organik Karbon	Kuru yakma (etil alkol içerisinde çözündürülmüş %5'lik H ₂ SO ₄ 'den her 1 gr materyale 1 ml olacak şekilde ilave edilmesi sonucu porselen krozelere 550°C'de yakılması) yöntemi ile
Toplam Azot (N)	Kjeldahl yöntemine göre
C/N	Organik madde ve N analizleri sonucu hesaplama ile
pH	1:10 (w/v), organik atık : su karışımında pH-metre ile
EC	1:10 (w/v), organik atık : su karışımında EC-metre ile

Kompost eldesi

Domates artık ve atıklarından aerobik koşullarda kompost eldesinin sağlanması amacıyla, artık ve atık domates biyokütlesi "windrow" yöntemine kompostlanmıştır (Şekil 1). Bu amaçla, sıralı yığın yöntemi esasına dayalı olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Kompostlama ünitesinde raylar arasında serilmiş, ortam neminin %60 olmasını sağlamak amacıyla biyokütle homojen bir şekilde nemlendirilmiştir. Domates biyokütlesi ile herhangi bir bitkisel veya hayvansal atık karıştırılmamıştır. Ancak, mikrobiyolojik inokülasyonu sağlamak ve inoküle edilen mikroorganizmaların enerji ve N ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, taze toprak ve ahır gübresininin suda ekstraksiyonu sonunda suya geçen mikroorganizmalar inokülant, toz şeker enerji kaynağı ve üre ise N kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu amaçla, sıralı yığın şeklinde kompostlama ünitesinin rayları arasına serilen domates artık ve atık biyokütlesinden eksilen su miktarının %1'lik kısmı inokülant-şeker-N solüsyonu ile ıslatılmış arta kalan %99'luk kısmında ise şebeke suyu kullanılmıştır. Yığının nem kontrolü ve inokülant ilavesi kompostlamanın sonuna değin devam etmiştir. Kompostlama süresince yığının oksijen içeriğinin %5'ten daha yüksek olmasını temin etmek amacıyla yığın 12 saatte bir kompostlayıcı ile karıştırılmıştır. Kompostlama toplam 90 gün sürmüştür.

Yığının bulunduğu dış ortamın sıcaklık ile yığın sıcaklığındaki değişimler her gün dijital sıcaklık ölçer ile saptanmıştır. Yığından haftada bir alınan örneklerde, bitkisel biyokütlenin organik C, toplam N, C/N, pH ve EC'indeki değişimler Tablo 1'de verilen yöntemler ile saptanmıştır. Yığındaki mikrobiyal biyomas C içeriği Substrat İndirgenmesi (SIR) yöntemine göre (Anderson ve Domsch, 1978) saptanmıştır.

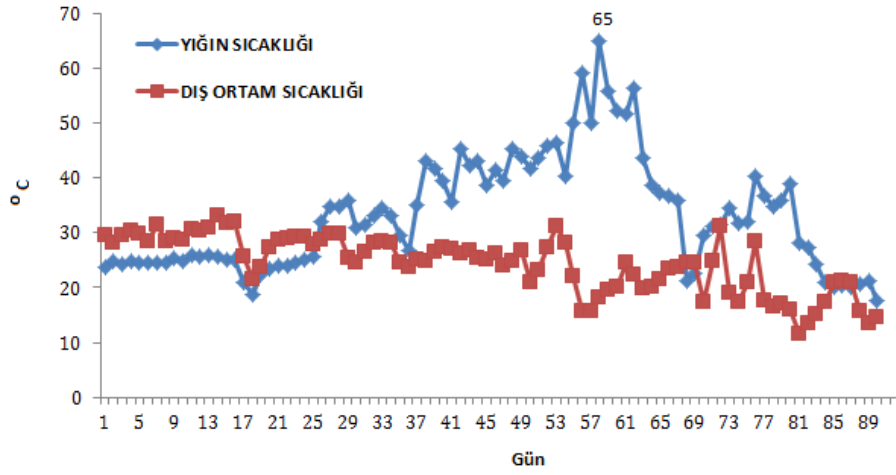


Şekil 1. Windrow kompostlayıcı ve kompostlama işleminden görüntüler

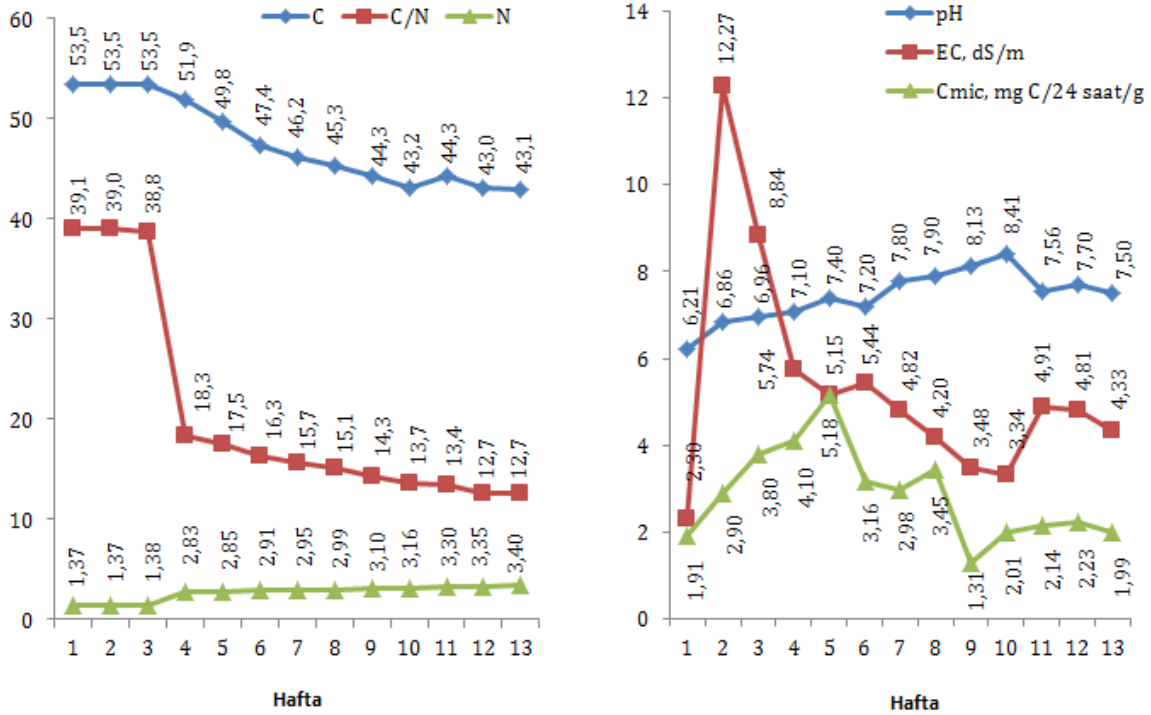
Bulgular ve Tartışma

Domates artık ve atıklarından aerobik koşullarda kompost eldesinin sağlanması amacıyla, artık ve atık domates biyokütlesi "windrow" yöntemine kompostlanır iken, yığının ve dış ortamın (atmosfer) sıcaklığındaki değişimler Şekil 2'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yığının sıcaklığı 38. günde (43.2°C) termofilik faza (43-66°C) geçiş olmuş, en yüksek sıcaklık 58.günde 65.0°C ile belirlenmiş ve 64. günde 38.6°C ile termofilik faz tamamlanmıştır. Termofilik fazdan sonra yığın sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı birbirine yakın olarak seyir ettiği belirlenmiştir. Dolayısıyla, artık ve atık domates biyokütlesine ait yığının ilk 38 günü mezofilik fazdan, bu fazı takip eden 26 günü ise termofilik fazdan oluşmuştur. Isı yayılımı mikrobiyal aktiviteye doğrudan bağlı olduğundan, sıcaklık işlemi izlemeyi sağlayan iyi bir indikatörü olup mikroorganizmaların neden olduğu sıcaklık yükselmesi yığın oluşumundan birkaç saat sonra belirginleştiği de saptanmıştır.

Kompostlama, mezofilik şartlarda etkili olmasına rağmen pek çok araştırmacı yığın sıcaklığının bir süre 43-65 °C arasında muhafaza edilmesini tavsiye etmektedir (Nielsen ve Berthelsen, 2013; Gray ve Sherman, 1969; Poincelot, 1972). Patojen mikroflora, yabancı ot tohumları ve uçan larvaların giderimi büyük ölçüde termofilik sıcaklık koşullarında olmaktadır ve patojenler için kritik sıcaklık 55 °C, yabancı ot tohumları için ise 63 °C'dir (Fernandes ve ark., 1988). Bu çalışmada, 26 gün süren termofilik sıcaklık koşulları içerisinde en yüksek sıcaklığın 65°C olarak belirlenmesi, bu kompostlama süresince patojen ve yabancı ot tohumlarının gideriminin sağlandığının açık bir göstergesidir.



Şekil 2. Kompost yığınının sıcaklığındaki değişimler



Şekil 3. Kompost yığınının bazı özelliklerindeki değişimler

Domates artık ve atıklarından oluşan yığının kompostlanma periyodu boyunca bazı özelliklerindeki değişimler Şekil 3'te verilmiştir. Başlangıçta, 6,21 olan yığının pH'sı kompostlanma periyodunun sonunda 7,50'ye ulaşmıştır. Ancak, kompostlanma süresince başlangıçta pH'nın artış gösterdiği belirlenmiş, 11 haftada yığının pH'sı 8,41'e değin ulaşmıştır. Bu süreden sonra pH'da düşmelerin olduğu saptanmıştır. Kompostlama işlemine farklı spektrumdaki organizmalar katıldığı için bunlar pH'a karşı nispeten duyarsız olabilmektedir (Poincelot, 1972). Ortam pH'sının 6,5-8 arasında olması istenmekle beraber kompostlanma sürecinin doğal tamponlama yeteneğinden dolayı daha geniş bir aralıkta bu sürecin gerçekleşmesini mümkün kılmaktadır. Kompostlama, pH 4,5 ile 5 arasında etkin bir şekilde ilerlemekle beraber, pH 5,5'ta veya pH 9'da da gerçekleşebilmektedir. Ancak, nötral (pH 7) koşullar ile karşılaştırıldığında süreç daha yavaş gerçekleşebilmektedir (Iqbal ve ark., 2010; Sundberg ve ark., 2004).

Ortam pH'sının en büyük etkisi ortamın N içeriği üzerine olmaktadır. Ortam pH'sı 8,5'ten büyük olduğunda azotlu bileşikler amonyağa dönüşebilmekte, pH'ın 8'den küçük olması ise amonyak oluşumunu azaltmaktadır (Bilel ve Sezen, 1993). Açığa çıkan amonyak ise, gaz formunda ortamdan uzaklaşarak ortamın azot içeriği azalabilmektedir. Kuşkusuz bu durum, kompostlanma periyodu boyunca ortamın nem içeriğine bağlı olarak amonyak'ın NH₄OH (sıvı amonyak) şeklinde ortamda kalmasını da sağlayabilmektedir. Bu çalışmada, yığının Toplam N içeriği %1,37 seviyelerinde iken kompostlanma süreci boyunca ortamın toplam

N içeriğinde düzenli bir artış olmuş, 90. günün sonunda ise, %3.40'a ulaştığı saptanmıştır (Şekil 3). Genel işleyişine aksi gerçekleşen bu tezat durumun temel sebebi ise, bu çalışmada klasik kompostlama yöntemlerinin uygulanmayışından yani, domates artık ve atıklarının herhangi bir bitkisel veya hayvansal kökenli artık ve atık ile karıştırılmaksızın, sadece hayvan gübresinden izole edilen mikroorganizmalar ile her hafta aşılması, bu süreçte mikrobiyal beslenmeyi temin için aşılama solüsyonunun mineral N içermesinden kaynaklanabilecektir. Benzer durum ortamın Elektriksel İletkenliği (EC) için geçerlidir. Ortamın tuz içeriğini değerlendirmek için yapılan EC ölçümleri sonunda, ortamın EC'sinin ani bir şekilde artış gösterdiği, daha sonra bu artışın kompostlanmaya bağlı olarak azaldığı saptanmıştır. Başlangıçta henüz tam manası kompostlanmaya başlamamış olan yığına yapılan inokülasyon çözeltisi ile beraber verilen mineral azot, hızlı parçalanmış organik bileşiklerin yapısındaki inorganik iyonlarında buna bağlı olarak hızlı bir şekilde oerataya çıkması ile beraber ortamın EC'sinde ani bir yükselmeye sebep olduğu, ilerleyen dönemlerde ise, bu iyonların mikroflora tarafından kullanılması sonucu suda çözünür tuz konsantrasyonunda düşmelerin olduğu şeklinde düşünülmektedir.

Domates artık ve atıklarından oluşan yığının organik karbon içeriği, kompostlama süresine bağlı olarak azalmıştır. Başlangıçta %53.5 organik C içeren kompost yığını 90.günün sonunda %43.1 organik C içerdiği belirlenmiştir. Kompostlama süreci kolayca parçalanabilen organik maddenin oksidasyonu ile başlamakta olup ortam mikroorganizmaları kompostlama süresi boyunca organik maddeden beslenirken O₂ tüketirler (Shimizu, 2017). Dolayısıyla, kompostlanma süresine bağlı olarak ortamın organik C içeriğinde meydana gelen azalma tamamen mikroorganizmaların beslenme amacıyla organik maddeyi tüketmesi ile ilgilidir. Başlangıçtaki artık ve atıkların mikrobiyal beslenme sonunda organik C tüketilmekte ve CO₂ oluşmaktadır. Oluşan CO₂'nin atmosfere kaybı yüzünden hem organik C içeriği azalmakta hem de C:N oranı kompostlama esnasında düşmektedir (Şekil 3). Bu çalışmada, başlangıçta 39.1 olan C:N oranı, kompostlanma süresi boyunca devamlı düşme eğilimi göstermiş ve 90.günün sonunda %12.7'ye düşmüştür.

Kompost yığınının başlangıçtaki toplam mikrobiyal biyomas C içeriği 1.91 mg C/24 saat düzeylerinde iken termofilik faz başlangıç safhasına değin artış göstermiş, termofilik fazda yine mikrobiyal kökenli artan sıcaklık artışına bağlı olarak toplam mikrobiyal biyomas C içeriğinde patojen mikroorganizmaların giderimi ile mezofilik mikrofloranın sayısındaki azalmalardan dolayı azalma olmuş, kompostun stabilizasyonu sırasında ise toplam mikrobiyal biyomas C içeriğinin nisbeten stabil bir değer gösterdiği saptanmıştır. Kompostlama, heterojen yapıdaki organik substratın termofilik bir aşamadan geçip kısa süreli fitotoksin yayan ve son ürün olarak karbondioksit, su, mineraller ve stabil yapıdaki organik maddenin elde edildiği kontrollü koşullarda biyooksidatif bir süreç olup (Zucconi ve ark., 1987), kompostlama sürecinin mezofilik aşaması boyunca mikrobiyal aktivite artmakta organik maddenin parçalanması ve mineralizasyonu hızlanmaktadır (Moreno-Casco ve Moral-Herrero, 2008).

Sonuç

Bu çalışma, ülkemizde özellikle domates seracılığı yapan işletmelerden elde edilen domates bitkisine ait artık ve atıkların neden olduğu çevre kirliliğine çözüm üretmek, artık ve atık domates biyokütlesinin C/N oranını dengelemek amacıyla herhangi bir bitkisel ve hayvansal atık ile karıştırılarak yapılan klasik kompost eldesinin olmaksızın, sadece hayvan gübresindeki mikrofloranın enerji ve N kaynağı sağlamak için basit şeker ve üre ile beraberce aşılması ile kompost eldesinin sağlanması ve kompostlanma periyodu boyunca bazı özelliklerdeki değişimin izlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada kompost elde yöntemi olarak windrow tercih edilmiştir. Bunun nedeni, bu sistemin işletilmesinin kolay olması, mikrobiyal inokülasyonun kolay, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin özellikle biyogaz gibi anaerobik sistemlerle karşılaştırıldığında daha az olmasındandır.

Yapılan bu çalışmadan hareketle, tarımsal faaliyetler sonunda açığa çıkan domates artık ve atıklarının mikrobiyal inokülasyon ile windrow yöntemine göre kompostlanabildiği ve elde edilen nihai kompostun ise, C/N oranı, pH gibi özelliklerinin tarım topraklarında güvenle kullanılabilir bir seviyeye geldiği belirlenmiştir. Özellikle yoğun tarımsal faaliyetler sonucunda ülkemizi tarım topraklarının organik madde miktarının önemli miktarlarda azaldığı, azalan organik madde miktarını artırmak için ise ülkemizdeki özellikle büyükbaş hayvansal gübrelerin miktarındaki yetersizlik ve domates artık ve atıklarının ise kontrolsüz olarak doğaya terkedildiği göz önüne alındığında, bu atık ve atık biyokütlenin kompostlanarak tekrar toprak ve doğaya kazandırılabilceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Murat Durmuş'un Doktora Tez çalışmasından üretilmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde destek olan Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alagöz Z, Yılmaz E, Öktüren F, 2006. Organik materyal ilavesinin bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 19(2): 245-254.
- Anderson JPE, Domsch KH, 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 10: 215 – 221.
- Aşkın T, Aygün S, 2018. Does hazelnut husk compost (HHC) effect on soil water holding capacity (WHC)? An environmental approach. *Eurasian Journal of Soil Science* 7(1): 87-92.
- Bernal MP, Alburquerque JA, Moral R, 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100: 5444–5453.
- Bilen S, Sezen Y, 1993. Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 24 (2): 156-166.
- De Bertoldi M, Vallini G, Pera A, 1983. The biology of composting: a review. *Waste Management & Research* 1: 157–176.
- Delibacak S, Ongun AR, 2016. Influence of composted tobacco waste and farmyard manure applications on the yield and nutrient composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). *Eurasian Journal of Soil Science* 5(2): 132-139.
- Demir Z, Gülser C, 2015. Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(3): 185-190.
- D'Hose T, Cougnon M, De Vlieghe A, Willekens K, Van Bockstaele E, Reheul D, 2012. Farm compost application: effects on crop performance. *Compost Science & Utilization* 20 (1): 49-56.
- Fernandes F, Viel M, Sayag D, André L, 1988. Microbial Breakdown of Fats Through In- Vessel Co-composting of Agricultural and Urban Wastes. *Biological Wastes* 26: 33-48.
- Gray KR, Sherman K, 1969. Accelerated Composting of Organic Wastes. *Birmingham University Chemical Engineering* 20: 64-74.
- Gülser C, Candemir F, Kanel Y, Demirkaya S, 2015b. Effect of manure on organic carbon content and fractal dimensions of aggregates. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(1): 1-5.
- Gülser C, Kızılkaya R, Aşkın T, Ekberli İ, 2015a. Changes in soil quality by compost and hazelnut husk applications in a hazelnut orchard. *Compost Science & Utilization* 23(3): 135-141.
- Haynes R J, Naidu R, 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51: 123–137.
- Iqbal M K, Shafiq T, Ahmed K, 2010. Effect of different techniques of composting on stability and maturity of municipal solid waste compost. *Environmental Technology* 31 (2): 205–214.
- Kacar B, Kütük C, 2010. Gübre Analizleri. Nobel Yayın No.1497, 382 s. Nobel Basımevi, Ankara
- Kızılkaya R, 2016. Effects of hazelnut husk compost application on soil quality parameters in hazelnut orchards in Turkey. European Geosciences Union General Assembly 2016. April 17-22, 2016, Vienna, Austria. Geophysical Research Abstracts Vol.18, EGU2016-1797.
- Kızılkaya R, Aşkın T, Tarakçıoğlu C, Sushkova S, 2016. Hazelnut yield and soil nutrient contents influenced by hazelnut husk compost using microbial biotechnological techniques. 5th International Symposium on Agricultural Sciences "AgroReS 2016", February 29 – March 3, 2016, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina.
- Kızılkaya R, Sahin N, Tatar D, Veyisoglu A, Askın T, Sushkova SN, Minkina TM, 2015. Isolation and identification of bacterial strains from decomposing hazelnut husk. *Compost Science & Utilization* 23(3): 173-184.
- Kürklü A, Bilgin S, Külcü R, Yıldız O, 2004. Bazı sera bitkisel biyokütle atıklarının miktar ve enerji içeriklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Biyoenerji 2004 Sempozyumu, 2004, İzmir.
- Moreno Casco J, Moral Herrero R, 2008. Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa Libros, Madrid, Spain. 570p.
- Nielsen H, Berthelsen L, 2002. A model for temperature dependency of thermophilic composting process rate. *Compost Science & Utilization* 10 (3): 249-257.
- Poincelot R P, 1972. The biochemistry and methodology of composting. Connecticut Agriculture Experiment Station Bulletin No.727. 38p.
- Ryan J, Estefan G, Rashid A, 2001. Soil and plant analysis laboratory manual. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Syria
- Shimizu N, 2017. Process Optimization of Composting Systems. In: Robotics and Mechatronics for Agriculture Zhang D, Wei B. (Eds). CRC Press Boca Raton, FL. pp. 1-22.
- Sundberg C, Smars S, Jönsson H, 2004. Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology* 95: 145–150.
- TÜİK 2017. Bitkisel üretim istatistikleri. Web: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>,
- Xi BD, Meng W, Huang GH, Liu HL, Zeng GM, Yuan XZ, Wang Q, Bai QZ, 2003. Composting technology of municipal solid waste with inoculation agent. *Journal of Environmental Sciences-China* 24 (1): 157–160.
- Zucconi F, de Bertoldi M, 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In: Compost: production, quality and use. de Bertoldi M, Ferranti MP, L'Hermite P, Zucconi F. (Eds.). Elsevier Applied Science, Essex pp.30-50.